
by Google



DE L'ENCHAINEMENT

DES IDÉES FONDAMENTALES

DANS LES SCIENCES ET DANS L'HISTOIRE

DIJON. — IMPRIMERIE J.-E. RABUTOT.

TRAITÉ

DE L'ENCHAINEMENT

DES

IDÉES FONDAMENTALES

DANS LES SCIENCES ET DANS L'HISTOIRE

PAR M. COURNOT

ANCIEN INSPECTEUR GÉNÉRAL DES ÉTUDES

RECTEUR DE L'ACADÉMIE DE DIJON

Filosofia, mi disse, a chi l'attende
Nota non pure in una sola parte
Come Natura lo suo corso prende

DANTE, *Inf.*, c. XI

TOME PREMIER



PARIS

LIBRAIRIE DE L. HACHETTE ET Cie

RUE PIERRE-SARRAZIN, 14

(Près de l'École de Médecine)

1861

PRÉFACE.

Il y a plus de deux siècles que HOBBES, au milieu des agitations politiques de son pays, « voulant, comme il le dit [1], se « divertir à l'étude de la philosophie et prenant plaisir d'en « recueillir les premiers éléments, donnait carrière à son es« prit et le promenait par toutes les choses du monde qui lui « venaient en la pensée. Il avait avancé peu à peu son ou« vrage, jusques à le diviser en trois sections, dont la première, « traitant du corps et de ses propriétés en général, compre« nait ce qu'on nomme la première philosophie et quelques « éléments de la physique. Il tâchait d'y découvrir les raisons « du temps, du lieu, des causes, des puissances, des relations, « des proportions, de la quantité, de la figure et du mouve« ment. En la seconde, il s'arrêtait à une particulière consi« dération de l'homme, de ses facultés et de ses affections : « l'imagination, la mémoire, l'entendement, la ratiocination, « l'appétit, la volonté, le bien, le mal, l'honnête, le déshon« nête, et les autres choses de cette sorte. En la troisième et « dernière, la société civile et les devoirs de ceux qui la com« posent servaient de matière à ses raisonnements..... »

[1] Préface du Traité *de Cive*, première traduction française par *Sorbière*, 1651.

Nos prétentions (l'avouerons-nous?) ont été plus grandes. Nous n'avons pas voulu seulement nous divertir à penser sur toutes sortes de choses, sauf à trouver ensuite un cadre pour y ranger nos pensées : au contraire, le cadre a été le principal objet que nous eussions en vue, et la toile a été faite pour le cadre, non le cadre pour la toile. Dès lors il était facile de reconnaître que le programme du philosophe anglais, bon peut-être pour son temps, ne pouvait convenir au nôtre.

Que Descartes et ses contemporains, à l'instar des philosophes grecs, aient compris dans leur *physique* la génération, le développement et les fonctions des êtres vivants, aussi bien que l'ensemble des lois auxquelles obéissent les corps inertes et privés de vie, cela s'explique par l'état des sciences : mais aujourd'hui une telle manière de philosopher n'est plus soutenable. Si les sciences *physiques* (celles qui ont pour objet la matière à l'état inorganique) ont fait bien des progrès depuis Descartes et Hobbes, les sciences *naturelles* (celles qui traitent des êtres organisés et vivants) ont pris des développements encore plus vastes; et plus les unes et les autres se sont développées, mieux le contraste des unes et des autres s'est prononcé, quant aux objets, aux principes et aux méthodes. D'autre part, plus on étudie les langues, les mœurs, les idées, les institutions et l'histoire des divers rameaux du genre humain, plus on est amené à s'aider, dans cette étude, des principes et des méthodes des sciences naturelles. Il y a là un fait d'expérience scientifique, plus puissant que toutes les idées préconçues, et auquel il faudra bien que les philosophes accommodent leurs idées systématiques, faute de pouvoir incliner les faits devant leurs systèmes.

D'où la nécessité de faire désormais une place à part, dans toute classification de ce genre ou dans toute *Somme* philosophique, à la discussion des phénomènes de la vie et des idées qui nous guident dans l'interprétation scientifique de ces phé-

nomènes. Là est vraiment la partie centrale et moyenne, le nœud du système de nos idées et de nos connaissances scientifiques. De plus (et ceci est de la plus grande importance), quand la série de nos idées est ainsi construite, on s'aperçoit que de part et d'autre de la région nodale ou médiane, les deux parties de la série montrent une tendance à une disposition symétrique. Aux deux extrémités de la série, la raison, le calcul, le mécanisme donnent à la fois la première clef de l'étude de la Nature et l'explication des dernières phases des sociétés humaines. Ce sont les parties correspondantes du système de nos connaissances que la constitution de notre intelligence rend pour nous les plus claires, tandis que nous sommes condamnés à n'avoir jamais qu'un sentiment obscur du principe de la vie et de ses opérations instinctives. Telle est l'idée dominante dont il faudra surtout chercher dans cet ouvrage les développements et les preuves. Notre peine ne serait pas perdue si nous avions réussi à la mettre suffisamment en relief : car, elle est de grande conséquence pour la spéculation, comme pour l'intelligence des résultats pratiques dont on fait plus de cas maintenant que de la pure spéculation.

Il ne suffirait pas de bien reconnaître l'emplacement du jalon médian : il faut disposer convenablement les jalons extrêmes. Or, pour commencer par la partie antérieure de la série, nous remarquerons que Hobbes, comme ses devanciers (et l'on nous permettra même d'ajouter, comme ses successeurs), fait un étrange pêle-mêle en mettant ensemble « les raisons du temps, du lieu, des causes, des puissances, des relations, des proportions, de la quantité, de la figure et du mouvement. » C'est brouiller les sciences mathématiques et les sciences physiques, sans se soucier de la classification des bibliothèques et de celles des Académies. La philosophie doit expliquer l'ordre établi, et non pas mettre le désordre où

l'ordre s'est établi de lui-même. Les sciences logiques et mathématiques, qui ont pour objet l'ordre, la forme, et par suite les relations, les proportions, la quantité, la figure, le temps, le lieu, le mouvement, n'ont que faire des idées de cause et de puissance. Celles-ci, et quelques autres qui s'y associent nécessairement, sont l'objet propre des sciences physiques et des sciences naturelles. De là, trois étages bien distincts dans la construction scientifique et dans l'explication philosophique que nous tâcherons d'en donner : l'étage des sciences logiques et mathématiques (l'ordre et la forme), l'étage des sciences physiques (la force et la matière), l'étage des sciences naturelles (la vie et l'organisme). Tel est l'objet des trois premiers *livres*, ou du premier volume du présent ouvrage.

Nous ne pouvions pas davantage imiter Hobbes dans le projet qu'il a eu de traiter de l'*homme*, avant de s'occuper de la *société civile*. D'abord, sans être très-chaud partisan des idées de Joseph de Maistre, nous demanderions volontiers avec lui que l'on veuille bien nous montrer l'*homme*, sur lequel portent les spéculations abstraites des philosophes, ou du moins nous dire où il se trouve. Et quant à la *société civile*, il faudrait s'entendre, et savoir si l'on donne ce nom à la manière de vivre de tant de peuplades sauvages, barbares ou non *civilisées*.

Combien Platon était plus près du vrai, lorsqu'il recommandait d'étudier la société civile, en vue surtout de connaître la nature de l'homme ! En effet, l'homme, tel que les philosophes le conçoivent, est le produit de la culture sociale, comme nos races domestiques, animaux et plantes, sont le produit de l'industrie des hommes vivant en sociétés. L'Auteur de toutes choses, en donnant à l'homme, avec d'autres instincts et d'autres facultés supérieures, l'instinct de sociabilité, a créé les sociétés humaines et mis directement sur les sociétés humaines le cachet de ses œuvres ; le perfectionnement pro-

gressif des sociétés humaines, en les amenant à cet état où elles méritent le nom de sociétés civiles, a réagi sur les qualités, les facultés, les aptitudes de l'homme individuel, au point de motiver les spéculations des philosophes, même les plus raffinées et les plus subtiles : mais il ne faut pas intervertir cet ordre, sous peine de brouiller les idées et de perdre le fil de la déduction scientifique. D'après cela, nous avons partagé notre second volume en deux livres, dont l'un (le livre IV) traite en général des sociétés humaines, et l'autre (le livre V et dernier) de l'histoire et de la civilisation, chez les peuples privilégiés, appelés à vivre de la vie de l'histoire et à être les instituteurs des autres peuples.

Ainsi que notre titre l'indique, nous nous sommes proposé d'étudier l'ordre ou l'enchaînement des idées fondamentales, plutôt que d'en faire le dénombrement ou le catalogue minutieux. D'ailleurs, nous comprenons autrement que nos devanciers la question des *catégories* ou des idées fondamentales. Les premiers essais en ce genre ont été tentés quand les sciences n'existaient pas encore, et plus tard les métaphysiciens ont continué de procéder à leur manière à l'inventaire de l'esprit humain, absolument comme si les sciences n'existaient pas ou n'étaient encore qu'au berceau. Cependant, il est clair que l'étude des sciences et de l'organisation sociale est le véritable critère expérimental pour juger si une idée a ou n'a pas l'importance qu'y attache, dans ses réflexions solitaires, l'auteur d'une table de catégories. Que faudrait-il penser d'une idée, prétendue fondamentale, et que les sciences humaines, en se développant de plus en plus, laisseraient de côté, ou qui n'aurait jamais gouverné les hommes au point de laisser des traces dans l'histoire des sociétés humaines? Vainement figurerait-elle avec symétrie et élégance dans une espèce de carte métaphysique : nous ne la comprenons point parmi celles dont nous avons voulu nous occuper; et

nous nous fions plus à un procédé empirique pour lequel le genre humain tout entier est l'expérimentateur, qu'aux théories préconçues du plus grand philosophe. Il est vrai que cette méthode empirique oblige de faire sans cesse appel aux principes, aux méthodes, aux théories, aux résultats des sciences positives, et c'est là le grand écueil d'un sujet encyclopédique de sa nature, comme celui que nous traitons. Nou-seulement nous ne sommes plus aux temps des Aristote et des saint Thomas, mais le temps des Leibnitz, et même le temps des Ampère et des Humboldt est passé sans retour. Eu l'état des choses, le savant le plus illustre serait mal reçu à souteuir thése *de omni scibili :* que sera-ce donc d'un simple amateur des sciences et de la philosophie? Malgré toute sa circonspection, de combien d'indulgence n'aura-t-il pas besoin de la part des hommes spéciaux, et comment gaguera-t-il la confiance des autres? Cependant, l'œuvre n'est pas de nature à pouvoir se scinder, et elle ne peut être dévolue qu'à un simple amateur : car, les génies créateurs, les hommes à vocation spéciale ont mieux à faire. D'un autre côté, quelle complaisance ne faut-il pas supposer au lecteur pour passer, en faveur de quelques choses qui l'intéressent, sur une foule de choses étrangères à ses études habituelles, dont le technique le rebute, avec quelque sobriété qu'on l'ait ménagé? On se prêtera à écouter pendant quelque temps des généralités métaphysiques sur l'idée de force : mais voudra-t-on consentir, si l'on n'est un peu géomètre et mécanicien, à se laisser expliquer, le plus succinctement possible, comment les géomètres et les mécaniciens entendent et appliquent effectivement l'idée de force? Et pourtant, n'est-il pas clair qu'à moins d'en prendre la peine on courra grand risque de se payer de mots, et de ne pas savoir quel est au juste le rôle de l'idée de force dans l'entendement humain? Du reste, ces réflexions ne s'appliquent guère qu'à uotre premier volume,

à celui qui a proprement pour objet la philosophie des sciences. Car, il est assez notoire que chacun peut raisonner de religion, de morale, de politique, d'économie politique, à plus forte raison lire ceux qui se mêlent d'en raisonner, sans avoir besoin de s'y préparer par des études spéciales et techniques. Nous glissons ici cette remarque, parce qu'elle a aussi sa valeur philosophique, et non par un stratagème d'auteur, pour donner l'envie de tâter du second volume, à ceux qui se seraient ennuyés à la lecture du premier.

Au surplus, l'auteur a déjà fait connaître sa manière dans un précédent ouvrage, l'*Essai sur les fondements de nos connaissances et sur les caractères de la critique philosophique* [1]; et (vu la connexité des matières) plutôt que de multiplier les emprunts, nous n'avons pas craint de multiplier les renvois de l'un à l'autre. Le premier est surtout un travail de critique; celui-ci est surtout un travail de coordination ou de synthèse, comme on dirait maintenant : puisse-t-il ne pas être relégué (après examen ou même sans examen) parmi tant de constructions fantastiques !

Autant que nous pouvons juger de la disposition actuelle des esprits, même les plus sérieux (et ce n'est guère que parmi eux que nous pouvons espérer de trouver des lecteurs), il semble que le monde soit rassasié de ce qui fait le fond des discussions philosophiques, et que l'on ne puisse plus guère goûter que ce qui a trait, soit à l'histoire, soit à l'encadrement ou à la forme des systèmes de philosophie. Que l'on nous permette une comparaison qui rendra cette distinction plus sensible. Bien peu de gens seraient aujourd'hui d'humeur à rentrer dans le fond des controverses théologiques qui ont tant remué les esprits à d'autres époques. On laisse cela aux théologiens de profession, dont le nombre diminue

[1] Paris, librairie Hachette, 1851, 2 vol. in-8°.

tous les jours : tandis qu'on lit encore avec le plus vif intérêt l'histoire d'une secte, d'un parti religieux qui a disparu ; et que l'on peut également s'intéresser au travail qui a pour objet de montrer comment toutes les parties du système s'enchaînaient, comment les idées y procédaient les unes des autres et se subordonnaient à une idée dominante. Il en est de même en philosophie. La foi à la vérité philosophique absolue est tellement refroidie, que le public et les Académies ne reçoivent plus guère ou n'accueillent plus guère en ce genre que des travaux d'érudition et de curiosité historique. Cependant, à côté des études historiques, il y a place pour d'autres études dont le but est de déterminer les formes dans lesquelles s'encadrent nécessairement les spéculations des philosophes, et les connexions que ces formes ont entre elles. Un tel travail a tous les caractères d'un travail scientifique; il comporte les observations patientes, les perfectionnements progressifs, et peut conduire à des résultats stables, à la connaissance de lois formelles et permanentes, qui dominent les vicissitudes des systèmes. C'est ainsi que la science qui n'a point de prise sur les agitations tumultueuses et continuelles de l'Océan, assigne pourtant des limites entre lesquelles, par une nécessité de nature, ces agitations sont contenues. Espérons donc que la tiédeur pour la philosophie n'ira pas jusqu'à supprimer toutes recherches de ce genre.

Dans un livre de critique, il n'y a pas de marche impérieusement prescrite, pas de question absolument inévitable ; on peut laisser de côté ou se contenter d'effleurer celles qui sont de nature à déranger des calculs de prudence ou à inquiéter une conscience timorée. La synthèse a plus d'exigences, et elle ne saurait laisser certaines cases vides, sans supprimer des étais nécessaires. De là l'obligation d'aborder, dans cette étude austère et qui ne s'adresse point à la foule, des questions de toutes sortes, parmi lesquelles il s'en trouve

qui peut-être paraîtront trop scabreuses, et qui le seraient en effet, si l'auteur avait eu à opter entre des opinions personnelles et les convenances de son âge ou de son état. Je n'oublie point que j'ai longtemps porté, dans une autre organisation de l'enseignement public, le titre qu'avaient illustré les Ampère et les Letronne, ni ce que je dois (aujourd'hui encore) à l'espèce de magistrature dont, à soixante ans, j'ai l'honneur d'être le doyen. Surtout je n'oublie point l'effrayante responsabilité dont se chargent ceux qui ne craignent point de devenir pour les autres une pierre d'achoppement et une occasion de scandale, en opposant orgueilleusement leur propre sagesse à la sagesse des siècles. Bien au contraire, notre plus douce récompense serait d'avoir pu réconforter quelques âmes troublées, en les aidant à mettre d'accord la sagesse de leur siècle avec la sagesse des siècles qui l'ont précédé. S'il y a en ceci excès de prétention, au moins pouvons-nous nous rendre ce témoignage, d'avoir constamment cherché à établir (ce qui est dans notre conviction profonde) l'indépendance du rôle de la raison et du rôle de la foi : dons divins l'un et l'autre, mais qui ne nous arrivent point par les mêmes canaux, qui répondent à des besoins tout différents, et qui nous assistent, chacun à sa manière, dans les luttes qu'il nous faut soutenir, en vue de destinées qui n'ont rien de comparable.

Dijon, mars 1861

AVIS ESSENTIEL.

Comme dans nos précédents ouvrages, nous avons adopté une série de numéros qui provoquent et facilitent les rapprochements. Ce procédé, emprunté aux sciences exactes, devient presque indispensable, là où il ne s'agit de rien moins que de remuer, pour tâcher de le mettre en ordre, tout le système de nos idées. En conséquence, les chiffres renfermés entre parenthèses désignent les numéros qui sont l'objet d'allusions ou de renvois.

DE L'ENCHAINEMENT
DES IDÉES FONDAMENTALES
DANS LES SCIENCES ET DANS L'HISTOIRE.

LIVRE PREMIER.

L'ORDRE ET LA FORME.

CHAPITRE PREMIER.

DE L'ORDRE ET DE LA FORME EN GÉNÉRAL. — DES CARACTÈRES DES SCIENCES LOGIQUES ET DES SCIENCES MATHÉMATIQUES.

1. — Sur quelque objet que portent nos observations et nos études, ce qui nous frappe d'abord, ce que nous en saisissons le mieux et le plus vite, c'est la FORME; et comme la remarque est on ne peut plus générale, il semble qu'à ce titre seul la *Forme* aurait dû être inscrite par les philosophes en tête de toutes les listes qu'ils ont dressées des *catégories* ou des rubriques sous lesquelles on peut ranger les idées fondamentales ou constitutives de l'entendement. Le but de ce premier chapitre est de montrer que non seulement la forme précède les autres catégories, mais qu'elle les domine toutes.

L'idée de la forme s'applique aux objets qui ne tombent que sous l'œil de l'entendement, de même qu'aux objets corporels, visibles et palpables. Les actes légis-

latifs ou juridiques ont leurs formes; organiser un conseil, un tribunal, fixer le nombre des juges ou des jurés, la majorité requise pour une élection, pour une condamnation ou pour un acquittement, c'est assigner la forme d'une institution politique ou judiciaire. La succession des phases connues d'une maladie constitue la forme du phénomène morbide. L'auteur d'un système de botanique assigne, de son point de vue, une forme à l'ensemble ou à une partie du règne végétal.

Il ne faut qu'une médiocre attention pour reconnaître que l'idée de la forme se confond avec l'idée de l'ORDRE. L'idée que nous nous faisons de la *configuration,* c'est-à-dire de la forme d'une constellation ou d'un groupe d'étoiles, tel que la Grande Ourse, Orion ou la Croix du Sud, n'est autre que l'idée d'un ordre suivant lequel les étoiles du groupe sont rangées. Au lieu de points disjoints on peut avoir à considérer des rangées de points très rapprochés les uns des autres, qui finalement nous donnent l'idée de lignes ou de surfaces continues : le rapprochement des points, la continuité des contours ou des formes proprement dites, n'empêcheront pas l'identité signalée entre ce qu'il y a d'essentiel dans l'idée de forme et ce qu'il y a d'essentiel dans l'idée d'ordre. Ce que nous appelions tout à l'heure la forme d'un phénomène morbide n'est autre chose que l'ordre suivant lequel les phases du phénomène se succèdent, soit que le phénomène ait des intermittences, soit qu'il n'en ait pas; soit que les phases se succèdent par saccades ou qu'il y ait dans la marche du phénomène de continuelles modifications.

On ne décrit pas la forme d'une fleur ou d'un cristal sans compter les pétales et les étamines de la fleur,

les faces, les arêtes, les angles du cristal : l'idée de nombre rentre donc dans l'idée de forme ou dans l'idée d'ordre; elle figure même, comme nous le verrons, à la tête de toutes les idées qu'on peut appeler *formelles*, parce qu'elles se réfèrent toutes à la grande catégorie de la forme ou de l'ordre. On expliquera la raison de cette prééminence de l'idée de nombre sur les autres idées formelles, et pourquoi l'esprit humain tend constamment à traduire en nombres, autant que faire se peut, toutes les relations qui tiennent à l'ordre et à la forme.

2. — Après que nous nous sommes fait une idée de la forme extérieure et générale d'un objet matériel, tel qu'une machine ou un corps organisé, si nous voulons le mieux connaître, nous pénétrons à l'intérieur, nous démontons la machine, nous disséquons la plante ou l'animal, et par là qu'atteignons-nous? Encore des formes ou de l'ordre, à savoir les formes des parties constitutives et l'ordre d'après lequel elles sont agencées. Nous pourrions pousser notre analyse et notre anatomie plus loin, appeler le microscope à notre aide : nous n'obtiendrions pas autre chose. Si nous voulons pousser l'analyse, par les yeux de l'esprit, bien au-delà de ce que l'œil le mieux armé peut percevoir, nous ne saurions encore imaginer autre chose que des particules figurées d'une certaine façon, groupées dans un certain ordre : donc nous n'atteignons, même conjecturalement, que ce qui rentre sous la rubrique de l'ordre et de la forme.

Il en est de même dans toutes les sciences. Que faisons-nous dans les sciences, sinon de classer, de distribuer, de systématiser, de construire, d'ordonner?

Toute science, il est vrai, est de plus construite avec certaines données qui en sont comme les matériaux bruts, que nous n'analysons pas, dans l'intérieur desquels nous ne pénétrons pas, ou parce que ce sont effectivement des éléments simples et partant impénétrables, ou parce que nous manquons de moyens pour y pénétrer. Au premier cas, la science est dite rationnelle ou formelle; la forme et l'ordre la constituent et l'éclairent d'un bout à l'autre, jusque dans les plus intimes détails de son économie. Au second cas, le travail de l'analyse et de la construction scientifique s'arrête en face des matériaux où l'on ne peut pénétrer; une limite est posée dans ce sens à nos connaissances scientifiques : mais nous pouvons être bien sûrs que, si elle venait jamais à être levée, les progrès de nos connaissances scientifiques ne seraient encore que des progrès dans la perception de l'ordre et de la forme; nous ne trouverions que dans des relations d'ordre et de forme, l'explicatiou ou la raison des données que nous acceptons aujourd'hui comme inexplicables.

Ainsi, quoiqu'on ait coutume de dire, quoique nous ayons nous-même dit tout à l'heure que la forme est ce que nous saisissons ou connaissons le mieux dans les choses, il serait plus exact de dire que nous ne connaissons scientifiquement en toute chose que l'ordre et la forme : les idées qui s'y rattachent étant le principe, le moyen et la fin de toute explication scientifique.

3. — Non seulement les sciences, mais toutes les institutions humaines s'organisent de même, et sous l'empire des mêmes idées régulatrices. La horde guerrière devient une armée organisée et disciplinée; un droit systématique et savant se substitue aux traditions

confuses de l'usage ou à ces appréciations que le sentiment de l'équité suggère dans chaque cas particulier, et dont on ne peut rendre compte. On formule, on règle tout ce qui peut être formulé et réglé; on introduit partout une procédure, c'est-à-dire une méthode, un ordre, une forme; souvent alors on donne le nom de formes ou de formalités à ce qu'il y a de plus extérieur dans la forme, et en ce sens on oppose la forme au *fond :* mais prenez-y garde; ce fond est le plus souvent réglé ou jugé lui-même d'après certaines formes précises, fixes, déterminées, jusqu'à ce que l'on arrive à des points ou éléments de décision qui échappent à la détermination des formes et à l'énumération méthodique, qui par conséquent correspondent à ces données dans lesquelles l'analyse scientifique ne pénètre pas. Selon la nature des affaires et l'état des institutions sociales, ces points sont indiqués de manière à laisser plus ou moins de latitude au pouvoir discrétionnaire de l'autorité qui décide. Un chef militaire en aura plus qu'un administrateur, un administrateur ou un juré plus qu'un juge proprement dit.

4. — Nous avons trouvé le secret de la prééminence et du rôle des sciences mathématiques. Les mathématiques sont les sciences par excellence, le plus parfait exemplaire de la forme et de la construction scientifique : quoi de plus simple? puisque les mathématiques tout entières portent sur les idées de forme, d'ordre, et sur celles qui s'y rattachent par les liens de parenté étroite qui vont être indiqués. Les mathématiques pures sont des sciences absolument et éminemment rationnelles, parce que les principes d'où elles procèdent sont des vérités d'intuition, des axiomes de la raison, dont

l'esprit ne saurait éprouver le besoin de rendre compte, puisqu'ils sont clairs par eux-mêmes et qu'ils s'imposent nécessairement.

Les sciences logiques sont dans le même cas; elles s'attaquent pareillement aux idées d'ordre et de forme en les envisageant surtout du point de vue de la classification. Elles traitent d'une manière plus spéciale des conséquences que l'on peut tirer de la classification des objets du raisonnement, pour la classification des formes mêmes du raisonnement. Elles reposent sur des principes d'une vérité intuitive et nécessaire. Elles ont donc, au même degré que les mathématiques, le caractère de sciences rationnelles; seulement elles ne comportent pas des développements aussi vastes, ni des applications aussi fécondes. Je parle des applications de la logique savante; car, quant à ces éléments de logique que tout le monde possède, comme on possède les premiers éléments de géométrie et de calcul, sans avoir besoin pour cela de faire des études spéciales, il est clair qu'ils sont d'une application continuelle et plus générale encore que les applications qu'on peut faire naturellement, sans aucune étude, des premiers éléments du calcul ou de la géométrie.

On a beaucoup admiré le génie d'Aristote qui paraît avoir, au moins dans l'Occident, créé à lui tout seul un corps de doctrine logique dont le temps n'a ruiné aucune partie, auquel le temps n'a presque rien ajouté: mais il faut aussi faire la part du sujet. Les éléments d'Euclide offrent déjà un corps de doctrine bien plus vaste que la doctrine aristotélicienne; et si l'un des prédécesseurs d'Euclide en eût à lui seul inventé les trois premiers livres, il aurait, comme Aristote, légué

à la postérité un monument que le temps ne devait pas renverser. A la vérité le cours des temps y aurait beaucoup ajouté : mais il ne faut faire ni un reproche au géomètre, ni un mérite au logicien, de ce que la logique s'épuise si vite, tandis que le fonds des vérités géométriques, utiles ou tout au moins curieuses, est inépuisable.

5. — Les mathématiques offrent ce caractère particulier et bien remarquable, que tout s'y démontre par le raisonnement seul, sans qu'on ait besoin de faire aucun emprunt à l'expérience, et que néanmoins tous les résultats obtenus sont susceptibles d'être confirmés par l'expérience, dans les limites d'exactitude que l'expérience comporte. Par là les mathématiques réunissent au caractère de sciences rationnelles, celui de sciences *positives*, dans le sens que le langage moderne donne à ce mot. On démontre en arithmétique que le produit de plusieurs nombres ne change pas, dans quelque ordre qu'on les multiplie : or, rien de plus facile que de vérifier en toute rigueur cette proposition générale sur tant d'exemples qu'on voudra, et d'en avoir ainsi une confirmation expérimentale. On démontre en géométrie que la somme des trois angles d'un triangle vaut deux angles droits : c'est ce qu'on peut vérifier en mesurant avec un rapporteur les trois angles d'un triangle tracé sur le papier, en mesurant avec un graphomètre les trois angles d'un triangle tracé sur le terrain, et en faisant la somme. La vérification ne sera pas absolument rigoureuse, parce que la mesure d'une grandeur continue comporte toujours de petites erreurs : mais on s'assurera, en multipliant les vérifications, que les différences sont tantôt dans

un sens, tantôt dans l'autre, et qu'elles ont tous les caractères d'erreurs fortuites. On n'établit pas d'une autre manière les lois expérimentales de la physique.

Au contraire la jurisprudence, qui est une science rationnelle comme les mathématiques, n'est pas pour cela une science positive. Après que les jurisconsultes ont établi que la combinaison des règles de l'interprétation juridique conduit à telle solution, on ne voit pas quelle pourrait être l'expérience qui donnerait à ce résultat du raisonnement une confirmation positive. L'expérience qui consisterait à faire voir que là où la solution contraire a prévalu, elle a produit tels ou tels inconvénients susceptibles d'être constatés, est une expérience d'un autre genre : elle peut soutenir ou combattre une solution juridique dans l'intérêt de l'utilité publique, non dans l'intérêt de la justesse du raisonnement.

La logique aristotélicienne, à cause de sa nature purement formelle, comporte bien, comme les mathématiques, une sorte de vérification expérimentale. Je prouve, par des raisons théoriques, que telle forme de syllogisme n'est pas concluante, et j'appuie ma preuve en prenant pour exemple un syllogisme de cette forme dont l'ineptie saute aux yeux de ceux mêmes qui ne pourraient expliquer en quoi la forme pèche. Ce genre de vérification est pourtant bien borné en comparaison des vérifications expérimentales que les mathématiques comportent, précisément parce que la syllogistique, comme science d'application, est très stérile en comparaison des mathématiques.

6. — Au-dessus de la logique aristotélicienne plane une autre logique bien autrement féconde, celle qui

démêle l'apparence et la réalité, qui relie des observations particulières et en induit des lois générales, qui range les vérités et les faits, les observations et les lois dans l'ordre suivant lequel elles rendent raison les unes des autres ou s'expliquent les unes par les autres. Nest-ce pas suffisamment indiquer que cette logique supérieure se rattache comme l'autre à la grande catégorie de l'ordre ou de la forme? Qu'est-ce que l'idée d'une loi en philosophie, sinon l'idée d'une forme imposée, d'un ordre établi? Nous avons fait voir ailleurs, nous aurons occasion de rappeler encore que la logique supérieure dont il s'agit, ou en d'autres termes que la critique philosophique tient à la faculté que nous avons de juger de la simplicité relative des lois ou des formes, à la tendance de notre esprit qui cherche dans le simple la raison du composé, sauf à se tromper parfois dans l'usage qu'il fait de ce principe régulateur. Nous éprouvons une idée, une théorie, une hypothèse, en examinant si elle met dans les choses qu'il s'agit de relier entre elles un ordre dont la simplicité, une forme dont la régularité satisfassent notre raison : car il nous semble tout à fait probable qu'une idée, une théorie, une hypothèse fausses, bien loin d'introduire un ordre simple et régulier dans les choses qui se présenteraient à nous de prime abord en désordre, en confusion, ne seraient propres qu'à augmenter la confusion et le désordre. En effet, l'idée vraie a des rapports essentiels avec les choses qu'il s'agit de relier, et il est tout simple qu'elle y mette l'ordre ou qu'elle nous découvre l'ordre que la Nature y a mis. Au contraire, il en est jusqu'à un certain point de l'idée fausse, que des fantômes trompeurs

nous suggèrent, comme de l'idée que l'esprit se forgerait au hasard : il faudrait un hasard bien surprenant et bien peu probable pour qu'elle se trouvât justement propre à mettre un ordre régulier dans des choses qui comportent tant d'arrangements différents, privés de régularité.

C'est ainsi que la spéculation philosophique, comme la logique proprement dite, se rattache aux idées d'ordre et de forme, et s'associe de même à la spéculation mathématique. Malgré cela, il y a entre la philosophie et les sciences mathématiques ou logiques une différence capitale. La démonstration proprement dite, la preuve catégorique n'est pas de mise en philosophie. Il y a des probabilités si fortes que l'on ne peut se refuser à règler d'après de telles probabilités ses jugements et surtout sa conduite, sans offenser le sens commun ; mais autre chose est d'offenser le sens commun, autre chose de se trouver réduit à la contradiction et à l'absurde. Tel ordre me frappe par sa simplicité, il en frappe bien d'autres, mais il ne vous frappe pas : nous n'aurons, mes adhérents et moi, aucun moyen de vous réduire au silence, ni par des syllogismes concluants, ni par des expériences décisives. Autrement la philosophie serait la science et ne serait pas la philosophie.

7. — On conçoit bien, d'après tout cela, que, dans un enchaînement systématique des connaissances humaines, les spéculations sur l'ordre et la forme, les sciences que nous appelons formelles parce que l'ordre et la forme y sont non seulement la condition, mais l'objet même de la construction scientifique, doivent nécessairement précéder toutes les autres ; et

que celles-ci à leur tour devront être rangées, de manière à faire passer d'abord celles qui tiennent de plus près, par l'ensemble de leurs caractères, aux sciences placées en tête de la série. Il ne s'agit pas seulement d'une disposition à mettre dans un tableau encyclopédique; il s'agit de l'ordre logique des études. A l'extrême rigueur on peut s'occuper de physique et de chimie sans savoir de mathématiques, s'occuper de physiologie ou de médecine sans savoir de mathématiques ni même de physique : cependant chacun conseillerait au médecin d'apprendre d'abord de la physique et de la chimie, et à cette fin d'acquérir préalablement certaines notions de mathématiques; tandis que l'on peut pousser les mathématiques aussi loin qu'on le voudra sans s'occuper de chimie ou de médecine, et devenir un très habile chimiste sans être médecin le moins du monde. La subordination est donc évidente; elle est imposée par la nature des choses, mais elle se concilie assez mal avec une autre loi de notre esprit, celle qui veut que nous ne prenions pas, comme on dit, le bœuf par les cornes, et que nous allions, des choses réputées plus aisées, aux choses réputées plus ardues. Or, en fait, les sciences dites abstraites ou exactes (lesquelles au fond ne sont exactes que parce qu'elles s'appliquent à des objets mieux définis et plus simples) sont celles dont le langage, les formules, l'appareil technique effarouchent le plus grand nombre des esprits; et tandis que l'on n'hésitera pas à discourir d'agriculture, de médecine, de politique, sans s'y être préparé par des études spéciales, on se gardera, on s'effraiera de tout ce qui peut sentir la géométrie, si l'on n'est quelque peu géomètre. La pa-

resse de l'esprit et peut-être son orgueil s'accommodent de l'à-peu-près et évitent le terrain où l'on n'admet pas de milieu entre savoir et ne savoir pas. De là un obstacle considérable à tout travail de recensement et de coordination méthodique sur l'ensemble des connaissances humaines ou sur la table des idées qui leur servent de fondement : car l'ordre nécessaire veut que l'on commence d'abord par ce qu'il y a de plus abstrait, de plus aride, de moins attrayant pour la plupart des lecteurs. Nous remédierons de notre mieux à cet inconvénient inévitable, sans nous flatter de pouvoir le faire disparaître, car il tient aux nécessités du sujet. Il faudra que, dans ce premier livre et dans la première moitié du livre suivant, le lecteur nous accorde l'emploi de termes, d'idées, d'explications et de comparaisons empruntés aux sciences exactes, avec sobriété toutefois, et de manière que sans préparation spéciale un esprit réfléchi puisse saisir l'ensemble de nos remarques et des conséquences que nous nous proposons d'en tirer, dans l'espoir que ce travail ne sera pas absolument inutile pour les progrès de la raison.

CHAPITRE II.

DES IDÉES DE GENRE ET D'ESPÈCE, DE NOMBRE ET DE COMBINAISON, ET DES THÉORIES LOGIQUES ET MATHÉMATIQUES DONT ELLES SONT LA SOUCHE.

8. — Parmi les idées que la nature même des choses nous suggère et qui ne tiennent pas seulement à notre manière de les concevoir, il n'y en a pas de plus simple, de plus claire, de plus générale que l'idée de *nombre*. *Mundum regunt numeri* : cet adage de la sagesse antique, que les découvertes du génie moderne ont confirmé d'une manière si éclatante, suffit pour montrer que les nombres ne sont point une création de l'esprit humain; car l'esprit humain ne saurait honnêtement prétendre à être le régulateur du monde.

Mais, cette idée même de nombre en suppose une autre; car, lorsque nous disons que la planète de Saturne a sept satellites, qu'une fleur de crucifère a quatre pétales et six étamines, qu'un cube de galène a six faces, douze arêtes et huit angles solides (tous exemples pris assurément dans la Nature) nous reconnaissons implicitement que les satellites d'une planète, les pétales et les étamines d'une fleur, les faces, les arêtes et les angles solides d'un cristal sont des objets congénères, ayant chacun leur individualité propre, et pourtant naturellement associés aux autres objets au nombre desquels nous les comptons, quel que soit le degré de ressemblance ou de dissemblance entre les objets congénères. Ainsi l'idée de nombre et

l'idée d'association ou de groupement par *genres* sont deux idées corrélatives dont l'une implique l'autre. L'une est le point de départ des sciences mathématiques : l'autre sert de base à l'édifice de la logique des écoles. Cela seul nous expliquerait pourquoi les sciences mathématiques et logiques ont entre elles tant d'affinité. Nous voyons de prime abord pourquoi les auteurs des listes de catégories ont dû faire fausse route en séparant dès l'origine ce qui était indissolublement uni par des rapports naturels.

9. — Du reste, le caractère essentiel de l'idée mathématique s'annonce aussi dès le début. Car on pourra discuter sur les caractères qui distinguent le genre, prétendre par exemple que les pétales du lis ne sont pas des pétales, parce qu'il y a des motifs d'admettre que l'enveloppe florale, malgré son éclat, doit être réputée un calice et non une corolle : corolle ou calice, l'enveloppe florale n'en aura pas moins six divisions bien marquées; et tout le monde sera forcément d'accord sur le nombre des objets congénères, sinon sur la définition du genre.

On pourra de même discuter sur ce qui fait l'*unité* ou l'individualité de l'objet; et souvent la question, étant de celles qui tiennent, non plus à la forme, mais au fond des choses, dépassera la portée de notre intelligence (2). En tout cas, la solution de la question reposera sur d'autres idées que celles qui nous occupent maintenant, et sur des idées d'origine et de catégories très diverses, selon la nature des objets nombrés. Je compte les faces ou les angles solides d'un cristal, et j'ai par la géométrie seule, par la pure science des formes, l'idée la plus nette de ce qui con-

stitue dans un corps polyédrique l'individualité, l'unité de chaque face ou de chaque angle solide; mais il faut que je demande à la physique, et que j'essaie de tirer des idées premières sur lesquelles nos sciences physiques se fondent, une notion telle quelle de ce qui constitue l'individualité ou l'unité d'un cristal. L'individualité de la planète n'est pas de même ordre ni de même nature que celle du cristal; et l'éclat de roche, devenu un galet par le frottement des eaux, n'a pas une individualité physique, une unité que l'on puisse comparer à celle du cristal, ni même à celle de la planète.

Que s'il s'agit du dénombrement des êtres organisés et vivants, des appareils qui les constituent et des fonctions qu'ils remplissent, des races, des espèces, des familles dans lesquelles ils se distribuent, des produits auxquels ils communiquent, à des degrés divers, le souffle de vie, bien plus de voiles encore recouvriront pour nous le principe d'individualité ou d'unité, certainement très distinct de ce qui fait l'individualité ou l'unité d'un cristal, d'un soleil, d'un système planétaire. A un étage encore supérieur, nous rencontrons, dans la personnalité humaine, un principe d'individualité ou d'unité qu'on ne saurait confondre avec ce qui fait l'individualité ou l'unité de la plante, du zoophyte, de l'animal; et de là enfin le métaphysicien s'élèvera jusqu'à la conception d'une unité transcendante, dans la contemplation de laquelle sa raison pourra s'égarer ou se fortifier, selon que la trempe de son esprit le disposera à l'extase mystique ou à la méditation circonspecte.

Donc l'idée de l'*unité*, ainsi entendue, et en tant

qu'elle s'applique à la connaissance de ce que les choses sont foncièrement et intrinsèquement, est une idée qui subit de continuelles transformations : d'abord très claire, puis obscure, puis mystérieuse, selon les objets auxquels elle s'applique. Il ne faut donc pas, comme tant d'auteurs de catégories l'ont fait, mettre l'idée de l'*unité* en regard de l'idée de *pluralité* ou de *nombre*. Au sens mathématique, l'unité n'est qu'un nombre, comme *deux, trois, quatre*, etc.; et en ce sens par conséquent, sens purement formel, l'idée de l'unité est aussi claire, aussi précise, aussi invariable que celle de tout autre nombre, sans qu'il y ait lieu de faire contraster l'une avec l'autre. Dans l'autre sens, l'idée de l'unité se retrouve partout, mais partout transformée, et constituant en effet autant d'idées différentes, qu'il y a de catégories différentes pour la distribution des objets de la pensée.

10. — L'idée de nombre n'est pas moins intimement unie à l'idée d'*ordre* qu'à l'idée de genre. Les langues en fourniraient la preuve, en nous donnant, à côté de la série des noms de nombre que les grammairiens qualifient de *cardinaux*, la série des noms de nombre *ordinaux*. Nous ne pouvons faire un dénombrement, qu'en comptant les objets dans un certain ordre, ni fixer un ordre que par une étiquette numérique ou par des étiquettes, telles que les lettres de l'alphabet ou les notes de l'échelle musicale, dont nous connaissons déjà le numéro d'ordre.

11. — A côté des idées de groupe ou de genre, de nombre et d'ordre vient se placer l'idée de *combinaison* binaire, ternaire, etc. On ne peut considérer les combinaisons directement et en elles-mêmes (par

exemple pour les applications du jeu, pour la détermination des formes du syllogisme, pour la systématisation de la chimie, etc.) sans que le procédé pour former toutes les combinaisons, en s'assurant de n'en omettre aucune, n'implique un procédé arithmétique pour calculer le nombre de ces mêmes combinaisons.

Réciproquement, l'arithmétique la plus vulgaire, comme la science des nombres dans ce qu'elle a de plus élevé, impliquent les idées d'ordre, de groupe, de combinaison, en même temps que l'idée de nombre. L'artifice de la numération repose sur la conception de groupes hiérarchiquement ordonnés (dizaines, centaines, etc.), c'est-à-dire sur l'idée fondamentale de toute classification; dans la multiplication il s'agit, pour obtenir tous les produits partiels, de combiner successivement chaque chiffre de l'un des facteurs avec chaque chiffre de l'autre; plus loin l'on démontre que le produit de plusieurs facteurs est une combinaison qui ne change pas selon l'ordre dans lequel les éléments de la combinaison sont rangés, et ainsi de suite.

La *syntactique*, c'est-à-dire la science des combinaisons et de l'ordre, s'applique donc à l'*arithmétique*, comme l'arithmétique s'applique à la syntactique, en tant qu'elle fournit le moyen de calculer, par des procédés expéditifs, les nombres des combinaisons possibles : nombres immenses, pour peu que le degré de complexité des combinaisons s'élève, et dont il importe cependant de pouvoir assigner les rapports; car de ces rapports dépendent la rareté ou la fréquence avec laquelle apparaissent les combinaisons de chaque sorte, soit dans la succession des phénomènes natu-

rels, soit dans les choses que l'esprit humain invente ou dirige. Aussi la partie purement mathématique de la science de l'ordre est-elle celle qui comporte le développement scientifique le plus étendu et les applications le plus dignes d'intérêt.

12. — Toute distribution par groupes et par classes présuppose certains caractères tranchés, servant de base au groupement ou à la classification; de sorte que la classification cesse d'être possible quand il y a passage *continu* d'un caractère à un autre. En conséquence tout l'échaffaudage de la logique proprement dite, la classification, la définition, la construction syllogistique cessent d'être applicables aux objets sensibles ou purement intelligibles dont les caractères ou les attributs n'ont rien de fixe ou de tranché, et peuvent passer de l'un à l'autre par une multitude indéfinie de nuances intermédiaires. Chaque objet devient alors *sui generis,* comme les logiciens disent, et sur de tels objets l'appareil logique n'a point de prise.

De leur côté, les nombres, en tant qu'ils s'appliquent au dénombrement ou au compte d'objets individuellement déterminés, se distinguent les uns des autres d'une manière parfaitement tranchée, et offrent le type le plus net de la *discontinuité.* Telle constellation comprendra 15 étoiles, telle autre 16, sans qu'il y ait de passage ou d'intermédiaire possible, du nombre 15 au nombre 16. Voilà pourquoi les nombres sont aussi appelés des *quantités discrètes,* dénomination peu juste, car les nombres, par eux-mêmes, expriment des *quotités,* non des *quantités.* Cependant l'idée de nombre, même appliquée à des objets individuellement déterminés, et dans lesquels on ne con-

sidère ni l'étendue, ni la durée, qui sont choses continues de leur nature, conduit aussi à l'idée de continuité, et voici comment.

L'idée de nombre conduit à l'idée de *rapport*. Par exemple, quand on se livre à des recherches de statistique, le but peut être de déterminer des nombres absolus et de savoir notamment combien la population d'une telle ville compte annuellement de décès : mais plus ordinairement, surtout lorsque l'on a en vue des comparaisons, il s'agit moins de connaître des nombres absolus que le rapport du nombre des décès au chiffre de la population; car on admet aisément que, toutes choses égales d'ailleurs, le nombre des décès sera double ou triple pour une population double ou triple, et ainsi de suite. On pourra donner à l'expression du rapport dont il s'agit diverses formes, en disant par exemple qu'il y a 3 décès pour 100 habitants, ou un décès pour 33 habitants, mais en comprenant aussi que toutes ces expressions ne sont qu'approchées, et que le rapport dont il s'agit peut avoir une infinité de *valeurs* différentes, comprises entre 3 pour 100 et 4 pour 100, entre un pour 32 et un pour 33. En multipliant les observations, en opérant sur des nombres de plus en plus grands, l'on conçoit que l'on pourra avoir une expression arithmétique de plus en plus rapprochée de ce rapport, qui ne comporte peut-être pas une expression arithmétique rigoureusement exacte. L'on conçoit pareillement que ce rapport peut changer, d'un pays à un autre, d'une époque à une autre, et changer en passant par une infinité de valeurs intermédiaires. Donc l'idée de rapport, même appliquée à des nombres absolus qui ne peuvent que

changer brusquement de valeur, suffit pour nous conduire à l'idée d'un changement continu dans la valeur du rapport. De là le passage de l'arithmétique des nombres *entiers* à l'arithmétique des nombres *fractionnaires* qui servent à exprimer les rapports.

13. — On est encore conduit à la notion de la continuité et au calcul des nombres fractionnaires par l'idée de *mesure* et par la considération des *grandeurs mesurables*. Rien de plus aisé que de trouver des exemples de grandeurs mesurables parmi les choses dans la détermination desquelles entrent l'étendue ou la durée; mais par là on aurait l'air de subordonner les théories d'arithmétique pure aux notions de l'espace et du temps, qu'elles surpassent pourtant, quant au degré d'abstraction et de généralité. Afin d'éviter cet inconvénient, prenons pour exemple l'idée que nous avons du prix ou de la valeur commerciale des choses. Cette idée n'a pas besoin d'être ici l'objet d'une discussion approfondie : il nous suffira de remarquer que l'habitude d'échanger comme équivalentes des quotités différentes d'objets de diverses sortes, par exemple tant de bœufs contre tant de moutons, tant de poules contre tant d'œufs, conduit nécessairement à abstraire de l'idée de ces objets divers, l'idée d'une valeur qui y est attachée, et à évaluer tous ces objets en prenant pour terme de comparaison ou pour unité arbitraire, la valeur de l'un d'entre eux, celle du bœuf ou celle du mouton, celle de la poule ou celle de l'œuf. On pourra varier les appoints d'une infinité de manières différentes, et conséquemment l'on a ainsi l'idée de quelque chose qui peut passer par tous les états possibles de *gran-*

deur. Selon l'unité choisie, la mesure de la grandeur sera un nombre entier ou fractionnaire : ce nombre est ce que l'on nomme proprement une *quantité* (12).

En général, la mesure est le procédé artificiel de l'esprit, qui veut appliquer les nombres à la détermination des grandeurs, et qui pour cela fait arbitrairement choix d'une grandeur de même espèce, comme unité de mesure. La raison de cet artifice est dans la constitution de l'esprit humain qui a besoin de signes, et de signes discontinus, tels que ceux que nous appliquons à la désignation des nombres, pour exprimer toutes choses, même celles qui varient d'une manière continue, telles que les grandeurs. Les nombres tiennent à la nature des choses et les grandeurs aussi : mais la mesure, ou l'application des nombres à la détermination des grandeurs, ne tient qu'aux procédés de l'esprit humain. Il y a dans la Nature des *quotités*, comme le nombre des étoiles au firmament, celui des arbres d'une forêt et des grains de sable d'une plage : il n'y a point de *quantités;* car la quantité, c'est le nombre, appliqué artificiellement à la détermination ou à l'expression (exacte ou approchée) d'une grandeur mesurable. Les auteurs de tables ou de listes de catégories n'ont pas fait ces remarques, et l'on doit sentir qu'il était pourtant essentiel de les faire.

14. — C'est aussi l'usage, dans les tables de catégories, d'opposer la *qualité* à la *quantité*, le ποῖον au ποσόν : on le peut sans doute, pourvu que l'on ne persiste pas à considérer (ainsi que semblent l'avoir fait Aristote et ses successeurs) la qualité et la quantité comme des prédicaments ou des catégories de même

ordre. Il faut au contraire, pour la justesse de l'idée, entendre que le rapport entre ces catégories est celui de l'espèce au genre, du cas particulier (ou plutôt *singulier*) au cas général [1].

Effectivement, cette espèce singulière de qualité, qu'on appelle grandeur ou quantité, se prête dans ses variations continues à des procédés réguliers de détermination que nulle autre qualité ne comporte, dès qu'elle varie de même avec continuité : et de plus, dans l'état de nos connaissances, il est au moins loisible de concevoir que la continuité de toute variation qualitative a son fondement dans la continuité inhérente à des variations quantitatives d'où les variations qualitatives dépendent.

15. — Prenons pour exemple les étoiles du firmament, et considérons leurs diverses qualités, qui peuvent servir de fondement à autant de classifications. En premier lieu ce qu'on appelle improprement leur *grandeur*, c'est-à-dire leur *éclat*, qui n'est pas une grandeur à proprement parler, et qui ne comporte pas de mesure directe. Cependant l'éclat varie certainement avec la distance, et se trouve déjà par là dépendre d'une grandeur mesurable. Cette cause de variation d'éclat n'est pas la seule, et nous sommes bien sûrs que toutes les étoiles, vues de la même distance, n'auraient pas pour nous le même éclat : car ce sont autant de soleils qui ne sauraient avoir les mêmes dimensions, et qui, à dimensions égales, n'émettraient pas la lumière avec la même abondance, ni la même espèce de lumière. Or, l'abondance de la lumière,

---

[1] *Essai sur les Fondements de nos connaissances*, chap. XIII, et principalement les nos 197 et suivants.

quand il s'agit de lumières homogènes, est quelque chose de mesurable en soi, et de mesurable pour nous. Nous pouvons constater que la lumière d'une bougie équivaut pour l'éclat à celle de deux, trois, quatre bougies de même nature, et si nous cherchons à pénétrer dans les causes physiques du phénomène de la lumière, nous trouvons dans des raisons mathématiques, c'est-à-dire dans des rapports entre des grandeurs, une explication satisfaisante des variations d'éclat ou d'intensité lumineuse.

Il n'en est plus tout à fait de même, quand il s'agit de comparer des lumières hétérogènes ou des rayons lumineux de couleurs différentes. Le rayon jaune qui, dans le spectre solaire, se place entre le rayon vert et le rayon orangé, a plus d'éclat que l'un et l'autre : c'est une qualité qui dépend apparemment d'un certain rapport entre la constitution physique des rayons et le mode de sensibilité de notre rétine, et nous n'apercevons pas d'abord comment la mesure y interviendrait. Mais nous savons très bien que la couleur du rayon est liée à sa réfrangibilité, ou à la grandeur de l'angle qui mesure sa déviation quand il traverse le prisme; et de plus une optique plus savante nous enseigne que la couleur est pareillement liée à ces nombres d'une prodigieuse petitesse, par lesquels on mesure les longueurs de ce que Newton a appelé dans son système les *accès* de la lumière, ou de ce que l'on appelle maintenant les *ondes lumineuses*. De toute manière donc la qualité des étoiles qui consiste dans l'éclat, se trouvera liée à des grandeurs mesurables, et pourra être assignée, déterminée, à l'aide des nombres qui les mesurent.

Donc il en faudra dire autant de cette autre qualité des étoiles, qu'on appelle la couleur, et qui peut également servir à les classer; car il y a des étoiles décidément rouges, vertes, jaunes, et d'autres qui offrent une multitude infinie de nuances intermédiaires; mais toutes ces nuances peuvent être définies par leur liaison, au moins empirique, avec des choses mesurables; et nous avons de très fortes raisons de croire qu'une théorie complète nous montrerait comment toutes ces variations, dans une qualité qu'on appelle la couleur, sont en effet déterminées par de certaines variations dans des grandeurs mesurables.

Rien de plus rebelle assurément à toute mesure directe que cette affection des êtres sensibles que l'on nomme la douleur; il serait fort ridicule de dire que la douleur que cause un accès de goutte est le double ou la moitié de la douleur causée par une rage de dents; toutefois le physiologiste juge d'après la grosseur des cordons nerveux et l'abondance de leurs ramifications, de la sensibilité de l'appareil où ces ramifications pénètrent, et de l'intensité de la douleur que cause le tiraillement des cordons. Il n'est pas éloigné de croire que l'explication des divers modes de la sensibilité serait donnée par les variations de structure des diverses parties de l'appareil nerveux, si nous pouvions y pénétrer assez intimement.

Selon les circonstances, une variation en quantité peut être conçue comme le principe ou comme la conséquence d'une variation en qualité; mais, dans l'un et l'autre cas, l'esprit humain tient, autant qu'il dépend de lui, à ramener à une variation de quantité (pour laquelle il a des procédés réguliers de déter-

mination et d'expression) toute variation dans les qualités des choses [1].

16. — Les idées de grandeur et de mesure sont si simples, elles donnent lieu à des constructions scientifiques si régulières, qu'elles semblent dominer les mathématiques tout entières, et que l'on définit vulgairement les mathématiques, la science ou les sciences qui ont pour objet la mesure des grandeurs. Il s'en faut cependant bien que cette définition soit exacte. L'arithmétique supérieure, celle qui étudie les propriétés des nombres en eux-mêmes, n'a rien ou presque rien de commun avec l'idée de grandeur ou de quantité. Les figures de géométrie offrent de même une foule de propriétés qui tiennent à la situation et à l'ordre, et dont on pourrait faire un corps de doctrine, lors même que l'on n'aurait aucune idée de l'application des nombres à la mesure des grandeurs géométriques. La théorie des nombres, la théorie des figures géométriques, la théorie des grandeurs, forment trois corps de doctrine qui ont entre eux des rapports multipliés, qui s'appliquent mutuellement l'un à l'autre, mais qui procèdent chacun d'idées fondamentales distinctes, quoique étroitement liées. La théorie des grandeurs est celle des trois qui comporte le développement le plus régulier, le plus uniforme, le plus méthodique [2] ; et en conséquence la plupart des géomètres ont employé leurs efforts à assujettir les deux

[1] *Essai......*, n° 199.

[2] En veut-on un exemple des plus simples? La division, au point de vue de l'arithmétique pure, de la théorie des nombres, est une opération qui réussit ou ne réussit pas, accidentellement en quelque sorte, ou plutôt d'après des lois cachées et singulières, que

autres théories à celle-ci, à démontrer et à trouver, par l'emploi régulier et systématique de grandeurs auxiliaires, ce qui pourrait à la rigueur se concevoir, se démontrer et se trouver, indépendamment de la notion de grandeur et de mesure. Pour ce qui est enfin de l'utilité des mathématiques et de leur application, soit à la philosophie naturelle, soit à la pratique des arts, on vient de voir qu'elles sont entièrement dues à la puissance du calcul, en tant qu'il s'applique aux grandeurs mesurables, et en ce sens au moins la définition qu'on donne communément des mathématiques se trouve pleinement justifiée.

Nous nous bornons à ces aperçus rapides sur des points que nous avons eu l'occasion de traiter ailleurs, et qu'il n'est pas nécessaire de développer davantage pour l'objet de nos présentes recherches.

---

nous avons grand'peine à découvrir et plus de peine encore à systématiser. Au point de vue de la théorie des grandeurs, la division réussit toujours et tout problème ramené à une division est un problème censé résolu.

CHAPITRE III.

DU PASSAGE DE L'ORDRE PUREMENT INTELLIGIBLE A L'ORDRE PHÉNOMÉNAL. — DES IDÉES DE TEMPS ET D'ESPACE. — DES IDÉES OU DES INTUITIONS PRIMITIVES EN GÉOMÉTRIE.

17. — Les idées d'ordre, de classement, de combinaison, de nombre, et toutes celles qui s'y rattachent, d'après ce qui a été exposé dans les deux précédents chapitres, n'impliquent nécessairement ni l'idée d'une succession dans le temps, ni celle d'une localisation dans l'espace. Quand j'associe dans ma pensée les termes et les propositions d'un syllogisme, quand je compare des nombres entre eux, et que je déduis de cette comparaison leurs propriétés caractéristiques, les idées actuellement présentes à mon esprit ne se coordonnent pas, celles-ci dans tel recoin de mon cerveau, celles-là dans tel autre; elles n'y font pas successivement leur apparition à des instants différents. L'auteur occupé à systématiser une science, à classer des types et des espèces, embrasse à la fois un ensemble d'idées et de rapports dont tous ses efforts tendent à trouver l'expression adéquate, et qui appartient à l'ordre intelligible, au monde des idées qui ne changent pas, selon les lieux et selon les temps.

A la vérité il peut bien se faire que j'aie besoin d'images pour saisir ou fixer commodément ces idées, et que les images extérieures ou sensibles dont je me sers pour cela, en même temps que les images intérieures empreintes dans mon cerveau par je ne sais

quel mystérieux artifice de la Nature, existent, celles-ci dans tel point de l'espace, celles-là dans tel autre, séparées si l'on veut par des intervalles d'une petitesse insaisissable à nos sens. Il peut aussi se faire que mon cerveau ait besoin de mettre des intervalles de durée, si petits qu'on voudra les supposer, entre les actes par lesquels il produit, sécrète ou élabore de telles images; mais que prouve cela? Que l'homme est un être dont l'organisme, dont la vie, dont les fonctions comme être organisé et vivant appartiennent au monde des phénomènes, s'accomplissent au moyen, sous les conditions de l'espace et du temps. Mais toutes ces conditions phénoménales et organiques de la conception de l'idée n'ont aucune influence sur la nature essentielle de l'idée conçue. Qu'importe qu'il me faille plus de temps et de labeur pour comprendre un théorème qu'il n'en a fallu à Newton pour le trouver? Une fois en possession de l'idée, cette idée est dans mon intelligence ce qu'elle était dans l'intelligence de Newton. L'aveugle-né Saunderson, pour qui des images de la nature de celles qui nous aident ordinairement dans l'étude de la géométrie n'existaient pas, avait du système des vérités géométriques exactement la même idée que les autres géomètres, et il ne serait pas absolument impossible qu'un autre aveugle-né apportât dans le perfectionnement du système de la classification botanique la même sûreté de critique qu'un de Candolle, un Jussieu ou un Linnée.

Nous n'arrivons à la conception des choses intelligibles, nous autres humains, que par le canal des choses phénoménales et sensibles. Nous n'avons même aucun moyen de rédargüer l'opinion de ceux

qui soutiendraient que la même condition est imposée à tous les êtres capables d'intelligence : qu'importe encore? Il n'en reste pas moins clair que les choses intelligibles, considérées en elles-mêmes, précèdent, surpassent, régissent les choses phénoménales et sensibles. Car 1° elles restent identiquement les mêmes, dans leur pureté inaltérable, dans leur fixité parfaite, sur quelque échaffaudage phénoménal et sensible que l'on se soit appuyé pour y atteindre; 2° elles ne trouvent point leur explication, leur raison d'être dans les phénomènes sensibles, et au contraire c'est à elles qu'il faut recourir pour trouver la raison, pour acquérir l'intelligence des phénomènes. Et cette doctrine (qu'on veuille bien le remarquer) n'a rien d'arbitraire, de personnel ou de propre à telle manière de philosopher : elle est justifiée par la marche des sciences, par leur développement progressif et le mode de leur application. Aristote a pu rédiger sa théorie du syllogisme, Euclide ses éléments de géométrie, sans avoir besoin d'attendre que les sciences physiques et naturelles, qui portent sur des choses phénoménales et sensibles, eussent reçu même un commencement d'organisation. On applique tous les jours les mathématiques à la physique, tandis qu'on ne voit pas appliquer la physique aux mathématiques (7).

18. — A leur tour les idées, ou, pour parler plus correctement, les formes du temps et de l'espace, gouvernent, régissent tout ce qui se passe dans la sphère des choses phénoménales et sensibles. Ce ne sont pas, comme l'a voulu Kant, des conditions imposées à notre seul entendement, des formes inhé-

rentes à la constitution de l'esprit humain et non aux choses extérieures qu'il perçoit : car il serait par trop étrange que le verre mis sur nos yeux et qui devrait tout déformer aux dépens de la régularité, de la simplicité des lois et des rapports perçus dans le monde extérieur, y mît par une fallacieuse apparence la régularité, la simplicité que nous croyons y constater et qui de fait n'y serait pas (6).

L'espace, a dit Leibnitz, est l'ordre des choses qui coexistent; le temps est l'ordre des existences successives. Vaine tentative d'un grand esprit pour exprimer ce qui est inexprimable, pour définir ce qui échappe à toute définition, et dont il ne faut retenir qu'un rapprochement juste entre deux idées fondamentales et une idée plus fondamentale encore, à laquelle elles se rattachent immédiatement avec une frappante analogie, dès qu'on passe de la sphère des choses purement intelligibles à la sphère des choses phénoménales et sensibles. Avec la définition de Leibnitz, comment donnerait-on l'idée de l'espace à l'être qui serait privé des sens du tact et de la vue, mais qui conserverait la faculté de combiner des idées, de les exprimer, d'éprouver et de comparer des sensations internes, et qui, avec une sensibilité ainsi mutilée, pourrait encore avoir du temps ou de la durée précisément la même idée que nous? Avec cette même définition, comment rectifierait-on ou compléterait-on l'idée d'une étendue à deux dimensions seulement, telle que pourrait l'avoir un être doué du sens de la vue, et non du tact ni de la locomotion, rapportant tous les objets extérieurs à la surface d'une enveloppe sphérique d'un rayon indéfini, comme nous

rapportons les étoiles à ce que l'on nomme la voûte céleste? Aucune définition ne peut donc dispenser ici de la donnée intuitive, à la vertu de laquelle elle n'ajoute effectivement rien. De plus, la définition pèche en ce que les idées, les choses intelligibles coexistent à leur manière, sans pour cela coexister dans l'espace. Quant à la définition leibnitzienne du temps, elle pèche d'une autre façon, par cercle vicieux, puisque l'idée de succession, et par conséquent celle d'existences successives, implique ou présuppose l'idée du temps.

19. — Les idées de temps et d'espace ont entre elles une analogie si intime et si généralement sentie, que toutes les langues en offrent l'expression, et que les métaphysiciens de toutes les écoles se sont complus à la faire ressortir. Nous avons consacré dans un autre ouvrage [1] un chapitre entier à comparer sous toutes leurs faces ces deux idées fondamentales : nous voulons autant que possible éviter les redites; et d'ailleurs, en rappelant cet éternel sujet de spéculation et de discussion pour les philosophes, il faudrait, selon le plan du présent ouvrage, mettre ici à l'écart tout ce qui a trait dans leurs systèmes à la spéculation ontologique, fondée sur la notion de substance, qui tient à un autre ordre d'idées que nous ne devons pas aborder encore, sous peine de placer le composé avant le simple, le dérivé avant le primitif, l'obscur et le vague avant ce qui est clair et précis. C'est ce qu'ont fait les métaphysiciens des vieilles écoles, quand ils ont disserté pour savoir à quel degré, suivant quel mode le temps et l'espace participent à la substantia-

[1] *Essai*....., chap. X.

lité : car rien de plus clair, de plus immédiat que les notions d'espace et de temps, et rien de plus problématique que la notion de substance. Les idées d'espace et de temps servent de base à toute explication scientifique, y mettent partout l'ordre et la clarté, tandis que l'idée de substance y embrouille tout. La vieille métaphysique d'où nous voudrions sortir a eu en cette circonstance, comme toujours, le tort de ne pas tenir assez de compte de la marche des sciences et du contrôle qu'elle fournit pour fixer l'ordre et la valeur de nos idées.

20. — Qui dit analogie ne dit pas symétrie parfaite; et au point de vue de la raison, l'idée de temps précède et domine certainement l'idée d'espace; car nous concevons très bien que l'on puisse retrancher à un être intelligent tous les organes, toutes les facultés animales à l'aide desquelles il acquérait l'idée d'espace, et qu'il lui reste encore la conscience et la mémoire de ses affections et de ses actes successifs, partant l'idée de la durée et du temps. Lorsque notre imagination, notre cœur, notre sens moral réclament pour la personnalité humaine, au-delà du tombeau, une prolongation d'existence dans un monde surnaturel et invisible, notre raison écarte volontiers de cette idée mystérieuse d'une autre vie (et d'autant plus volontiers qu'elle a acquis elle-même plus de virilité) tout ce qui se rapporte à une localisation dans l'espace et dans ce monde extérieur où nos sens pénètrent, où les phénomènes physiques s'accomplissent; elle ne pourrait sans l'énerver, sans la détruire, sans la rendre insaisissable et inefficace, se dispenser d'y associer l'idée de temps et de durée.

Ne nous élevons pas dans ces régions mystérieuses; observons le phénomène psychologique à son origine. L'idée d'espace ne s'acquiert que par le mouvement, par l'exploration successive des parties de l'étendue; elle présuppose donc intrinsèquement l'idée ou la conscience de la durée, quelque obscure ou rudimentaire que celle-ci puisse demeurer, en vertu du plan de l'organisation animale. Donc, lorsque nous déroulons le système de nos idées, il faut que l'idée de temps vienne s'intercaler entre les conceptions purement rationnelles et celles qui impliquent la notion de l'espace. Le sens de la durée, si l'on peut ainsi parler, est un sens plus rationnel, et à ce point de vue plus fondamental que les sens qui nous donnent la perception de l'espace. Nous aurons à étudier particulièrement, au chapitre V du présent livre, les intéressantes conséquences de ce principe.

En vertu même de cet ordre rationnel, il doit arriver que d'après le mode de notre sensibilité (et par suite de propriétés inhérentes à la constitution de nos sens, à la structure de l'organe de la pensée), l'étendue soit pour nous l'objet d'une intuition immédiate, d'une représentation directe, tandis qu'il faut l'artifice des allusions et des signes pour que la durée devienne, par voie indirecte, l'objet de notre intuition. Nous imaginons l'étendue avec le secours des impressions sensibles qui s'y associent naturellement dans l'acte de la perception extérieure, et nous ne pouvons imaginer la durée qu'en attribuant à l'étendue une vertu représentative de la durée. Nous alignons pour ainsi dire les phénomènes successifs, afin d'avoir une image, et par suite une idée de leur ordre de situation

dans le temps. Les langues portent la trace de cette dérivation ; elles expriment d'abord les relations dans l'espace, puis, au moyen de celles-ci, les relations dans le temps ; *antea* et *postea*, qui se réfèrent à l'idée du temps, ont pour racines *ante* et *post*, qui expriment des situations dans l'espace.

De là vient que les animaux, même les plus rapprochés de l'homme, ne paraissent avoir et ne peuvent avoir qu'une perception très obscure des rapports de temps, de durée et de tout ce qui s'y rattache ; tandis que, quant à la perception de l'espace, les innombrables espèces animales l'ont aux degrés les plus divers, selon la disposition de leur organisme, la nature de leurs fonctions, et le rang qu'elles occupent dans l'échelle de l'animalité.

Si la notion de l'espace, telle que nos sens nous la donnent intuitivement, nous est nécessaire pour la représentation et la claire intuition de la durée, elle ne l'est pas moins pour la facile conception de tout ce qui tient à la syntactique abstraite ; car, comment nous représenterions-nous des groupes distincts et des associations de groupes, ainsi que leurs rapports divers, si l'étendue ne nous fournissait des moyens de figurer et de rendre sensibles de tels rapports ? De là ces arbres généalogiques, ces tableaux synoptiques, si souvent employés dans toutes les branches des sciences et de la philosophie, et plus multipliés encore dans le maniement des affaires, moyens quelquefois exacts [1], plus souvent imparfaits [2], mais toujours utiles.

---

[1] Voyez, notamment, dans ses *Lettres à une princesse d'Allemagne*, les figures imaginées par Euler, pour la démonstration des règles du syllogisme.

[2] Nous en avons donné les raisons dans notre *Essai*, chap. XVI.

21. — Les notions de l'étendue et de la durée impliquent également, avec une nécessité évidente, l'idée de la continuité; d'une part, les formes de l'étendue ont le privilège de fixer cette idée dans notre esprit par une image sensible; d'autre part, la raison conçoit nécessairement qu'un mobile ne peut passer d'une position à une autre sans occuper successivement toutes les positions intermédiaires en nombre illimité ou infini; et même on abolirait dans notre intelligence toute idée de l'espace et du mouvement, pourvu que celle du temps ou de la durée y persistât (20), que nous concevrions encore le temps comme ne pouvant s'écouler autrement que d'une manière continue. Nous n'en admettons pas moins (12 *et* 13) que les idées de continuité et de discontinuité ont, à certains égards, plus de généralité encore que les idées de temps et d'espace, et que l'adage fameux *Natura non facit saltus* trouve son application, même à propos de choses de l'ordre intellectuel et moral, auxquelles il semble qu'on ne saurait assigner de lieu dans l'espace ni d'époque dans le temps [1]. Mais, dans l'ordre généalogique de nos idées, ce n'est que par la contemplation des formes de l'étendue et des mouvements dans l'espace que nous avons l'image ou l'intuition immédiate de la continuité; et en outre, dans l'ordre même des faits naturels, il ne répugne point d'admettre que toutes les manifestations de la loi de continuité ont leur raison primordiale dans la continuité de l'espace ou du temps, lors même que l'état de nos connaissances ne nous permet pas de montrer nettement la

[1] *Essai...*, chap. XIII.

liaison des principes et des conséquences. Les inductions, les exemples à l'appui de cette thèse ressembleraient tout à fait à ceux que nous avons donnés plus haut (14 *et* 15) pour faire comprendre la possibilité ou la vraisemblance d'une subordination de toutes les variations qualitatives à des variations quantitatives.

22. — A l'idée de la continuité se lie naturellement l'idée de l'infini, puisque tout passage continu d'un terme à un autre suppose un nombre de positions intermédiaires susceptible de croître au-delà de toutes limites, tandis que les différences ou les intervalles entre deux positions consécutives admettent un décroissement pareillement illimité. On a ainsi tout à la fois l'idée de l'infiniment grand et celle de l'infiniment petit, en tant que corrélatives l'une à l'autre; mais les mêmes idées peuvent aussi se présenter isolément l'une de l'autre. Par exemple, l'on comprend qu'un mobile qui se meut en ligne droite peut s'éloigner indéfiniment du point de départ, tandis que la distance n'excédera jamais certaines limites si le mobile décrit une courbe fermée. Dans cet exemple, l'idée de l'infiniment grand se présente sans avoir pour corrélative l'idée de l'infiniment petit.

D'ailleurs, quoi qu'en ait pu dire Pascal avec l'énergie accoutumée de sa parole, l'homme n'est point également écrasé de ces deux idées, qui ne figurent pas de la même manière dans la conception et l'explication des phénomènes. Nous assistons à chaque instant au phénomène de la génération, de l'évanouissement des grandeurs continues, par lequel se réalise sous nos yeux, dans le cercle de nos observations, la conception de l'infiniment petit. Un corps

qui sort du repos commence par avoir une vitesse infiniment petite; un corps que les résistances qu'il éprouve dans son mouvement ramènent progressivement au repos finit par avoir une vitesse infiniment petite; tandis qu'il répugne qu'il y ait actuellement dans le monde un corps animé d'une vitesse infiniment grande. Tout ce qui est infiniment petit échappe à nos observations, mais non aux conditions des phénomènes naturels : tout ce qui est infiniment grand échappe à la fois à nos observations et aux conditions mêmes de la production des phénomènes.

On a souvent répété, mais à tort, que l'idée de l'infini n'a en mathématiques qu'une valeur purement *négative;* et du moins il aurait fallu distinguer entre la partie des mathématiques qui traite des notions purement abstraites de nombre, de grandeur, et celle qui implique la conception du temps et de l'espace, au sein desquels les phénomènes se produisent. L'arithmétique me donne l'idée de l'infini, en ce sens que rien ne limite la série des nombres, et que si un nombre m'est donné, quelque grand qu'il soit, j'en pourrai former un plus grand, en y ajoutant une ou plusieurs unités, en le doublant, en le triplant, et ainsi de suite. Ce n'est là, si l'on veut, qu'une idée négative, c'est l'idée de l'indéfini plutôt que celle de l'infini : à la bonne heure. Mais, quand je conçois l'infinité du temps et de l'espace, c'est bien une infinité actuellement, nécessairement imposée à ma raison, et dont j'ai l'idée claire, quoique je ne puisse pas m'en faire une image ou une représentation, chose bien différente. Que s'il s'agit du mouvement continu qui implique l'existence effective d'une infinité de po-

sitions intermédiaires, j'aurai, non seulement une idée claire, mais de plus une image ou une représentation du phénomène. En d'autres termes, le temps, l'espace appartiennent au monde des phénomènes, et il est déraisonnable de dire qu'ils s'évanouiraient, si nous cessions d'y songer.

23. — Ainsi, la notion d'*infini*, comme celle d'*unité* (9), se modifie en passant d'un ordre d'idées à un autre, d'un ordre de phénomènes à un autre; et le tort de la métaphysique ordinaire est d'en faire des catégories suprêmes et de les attaquer d'emblée, comme si elles restaient immuables aux divers étages du système de nos connaissances. A proprement parler, l'infini est moins une idée, que le caractère ou la propriété d'une idée, caractère qui se modifie en passant d'une idée à l'autre. L'infini en géométrie n'est déjà plus (nous venons de le voir) l'infini en arithmétique. Si, dans la solution d'un problème de géométrie, on tombe sur une ligne droite de longueur infinie, cette solution aura un sens très clair et très *positif*, en indiquant, par exemple, l'*asymptote* d'une courbe, dont nous sommes forcés, par la définition même de cette courbe, d'admettre le prolongement dans l'espace à l'infini, et qui a, pour caractère positif, de s'approcher sans cesse de la ligne droite à laquelle on donne le nom d'asymptote, et dont il s'agit de déterminer la position. Le prolongement à l'infini de la courbe et de son asymptote ne peut pas être, à la vérité, *imaginé*, mais il est très clairement conçu. Au contraire, dans la solution d'un problème de mécanique, si l'on tombe sur une vitesse infinie, ce sera une preuve d'impossibilité ou d'absurdité (et

en ce sens un résultat purement négatif), parce qu'une vitesse infinie est phénoménalement impossible, et d'ailleurs impossible, non seulement à imaginer, mais à concevoir. Que si l'on sort du champ des mathématiques où une analyse si sûre nous conduit à des résultats si divers, et qu'on veuille (ce que les métaphysiciens ne manquent pas de vouloir) appliquer la notion de l'infini aux idées de force, de cause, à d'autres idées d'un ordre plus élevé encore, il faudrait, à chaque application nouvelle, une critique nouvelle, mais critique le plus souvent impossible dans l'état de nos connaissances; dont l'absence laisse par conséquent le champ libre aux élans comme aux écarts de l'imagination.

24. — En tant que propres à fournir les matériaux d'une science, et d'une science qui peut se construire indépendamment de l'expérience, les idées de temps et d'espace, malgré toutes leurs analogies, offrent encore une notable disparité. L'espace a trois dimensions et le temps n'en a qu'une. Il faut trois grandeurs (ou, comme disent les géomètres, trois *coordonnées*) pour fixer la position d'un point susceptible de se déplacer d'une manière quelconque dans l'espace; il n'en faut plus que deux si le point est assujetti à rester sur une surface, par exemple sur un plan ou sur une sphère; il n'en faut plus qu'une si le point est pris sur une ligne déterminée. Ainsi les étapes d'une route sont fixées, quand on assigne les distances à un point pris sur la route, tel que le point de départ ou l'*origine* du bornage de la route. Un point est fixé à la surface des mers, quand on en donne la longitude et la latitude; mais, s'il s'élève au-dessus,

ou s'abaisse au-dessous de la surface, il faudra assigner une troisième coordonnée, à savoir la hauteur au-dessus du niveau des mers, ou la profondeur au-dessous de ce même niveau. Au contraire, pour fixer l'époque d'un phénomène ou sa position dans le temps, il suffit, comme pour fixer le lieu d'un point sur une ligne, d'assigner une seule grandeur, à savoir le temps écoulé ou qui doit s'écouler entre un instant pris pour *ère* ou pour origine du temps et l'instant du phénomène. De là l'infinie variété des rapports de grandeur, de configuration, de situation et d'ordre qui sont l'objet de la géométrie, surtout lorsque l'on embrasse les trois dimensions de l'espace. Si l'on en supprime une, comme dans la géométrie *plane*, la multiplicité des rapports est bien réduite. La figure que l'on appelle *cube* est dans l'espace à trois dimensions, l'analogue du *carré* en géométrie plane; la *pyramide triangulaire* est l'analogue du *triangle :* or, il n'y a à considérer dans le triangle que trois côtés et trois angles, tandis qu'il y a à considérer dans la pyramide six arêtes, quatre angles solides, quatre faces et les inclinaisons de ces faces les unes sur les autres; dans le cube il faudra considérer six faces opposées deux à deux, douze arêtes et huit angles solides. Une géométrie purement *linéaire*, où l'on ne considérerait plus qu'une dimension de l'espace, serait une géométrie tellement réduite qu'elle ne mériterait plus le nom de science; et de même l'idée de temps, qui n'implique qu'une seule dimension, ne saurait fournir l'étoffe d'une théorie assez développée pour constituer une science, tant qu'elle n'est pas associée aux conceptions abstraites de la pure géométrie, ou à

d'autres notions suggérées par l'étude expérimentale du monde physique.

25. — Arrêtons-nous ici un moment sur cette science fameuse dont nous venons d'indiquer le point d'attache à la charpente générale de nos idées. On sait que les philosophes opposent souvent (trop souvent peut-être) aux vérités logiquement établies, les vérités qu'ils appellent d'intuition : or, c'est la géométrie qui nous donne les exemples les plus nets de ce qu'il faut entendre par vérités d'intuition, attendu que la géométrie est la science des formes qui tombent sous la perception des sens. Reprenons ces deux axiomes, rebattus jusqu'à la banalité : 1° le tout est plus grand que la partie; 2° la ligne droite est le plus court chemin d'un point à un autre; que voyons-nous dans le premier? Un principe de logique générale dont l'évidence ressort des définitions mêmes du tout et de la partie, et qui pourrait être ramené à cette proposition identique : la collection des parties se forme en ajoutant à l'une des parties les autres parties qui entrent dans la collection. On peut dire de tels principes qu'ils nous aident à résumer ou à systématiser nos connaissances, mais qu'on n'en saurait rien tirer qui contribue à l'avancement de nos connaissances. En effet, supprimez le langage humain qui est l'instrument de notre logique, et de tels axiomes s'évanouiront faute d'objet. De même que les définitions du tout et de la partie sont des *définitions de mot*, de même l'axiome signalé est une proposition purement logique, verbale ou nominale. C'est ce que l'on peut encore appeler, avec Condillac, une identité ou une proposition identique.

Il n'en est pas de même du second axiome; et la preuve, c'est qu'un enfant, un sourd-muet, un animal même, pour qui le langage humain n'existe pas, s'élancent d'un point à un autre en parcourant la ligne droite qui les sépare. Ils ont donc à leur manière la perception de la ligne droite, et en vertu de cette perception, ils sentent que c'est en ligne droite que doivent se prendre les distances. Il n'est pas étonnant que l'intuition ou la perception spontanée d'un tel rapport, inhérent à la nature des choses, mène un esprit qui combine et qui raisonne, à la découverte d'autres rapports auxquels n'appartient plus la même évidence intuitive.

26. — Dans les écoles grecques qui ont fondé l'enseignement de la géométrie et donné à l'esprit géométrique ses règles, telles que les modernes les ont acceptées et que Pascal les a formulées, on s'est attaché à réduire autant que possible le nombre des axiomes : ce peut être là un curieux exercice de logique, mais ce n'est rien de plus. Quand on parviendrait (car il est au moins fort douteux qu'on y parvienne) à démontrer que la ligne droite est le plus court chemin d'un point à un autre, sans invoquer aucun axiome nouveau, on n'en serait pas plus avancé pour ce qui intéresse le progrès ultérieur de nos connaissances, et on laisserait dans l'ombre un fait psychologique important à constater, à savoir que nous avons naturellement l'intuition, la perception spontanée d'un tel rapport. Il est clair que la détermination exacte des données psychologiques de cette espèce surpasserait en intérêt les subtilités dialectiques des écoles anciennes, autant que la connaissance des lois

de la Nature surpasse en intérêt celle des conceptions artificielles de l'esprit humain.

Quels moyens avons-nous de déterminer exactement les choses pour lesquelles il faut recourir à l'intuition immédiate? D'abord l'analyse du langage nous doit venir en aide. Que l'on cherche, par exemple, à définir l'*angle* : on ne trouvera que des définitions incomplètes, fausses, ou qui impliquent un cercle vicieux, comme si l'on dit que l'angle est l'inclinaison d'une ligne sur une autre; car, après avoir défini l'*angle* par l'*inclinaison*, il faudrait définir l'*inclinaison* par l'*angle*. L'idée de l'angle, comme celle de la ligne droite, est donc une idée indéfinissable, *sui generis*, que nous acquérons par intuition immédiate et pour laquelle rien ne peut suppléer à l'intuition immédiate.

Au contraire, on donne une très bonne et très claire définition du cercle, quand on dit que c'est une ligne dont tous les points se trouvent à égale distance d'un point intérieur que l'on nomme centre : à la vérité il convient encore de faire voir que l'on peut satisfaire à la définition par un tracé convenable, et pour cela le plus simple est d'imaginer une ligne droite qui tourne dans un plan en pivotant sur une de ses extrémités, l'autre extrémité décrivant une ligne qui satisfait évidemment à la définition du cercle. L'intuition intervient donc encore pour compléter la définition du cercle, en ce sens qu'elle montre qu'il y a effectivement des lignes qui peuvent satisfaire à la définition.

27. — On reconnaît encore les choses d'intuition immédiate en ce que, si on ne les admet à ce titre, la

construction logique de la science présente des lacunes que l'on ne réussit pas à combler. Exemple, la théorie des parallèles. Si l'on dit que des lignes droites parallèles sont celles qui, étant tracées dans un plan, ne peuvent pas se rencontrer, on donne une définition logiquement bonne, en ce sens qu'elle n'appartient qu'à la chose définie; mais pourtant cette définition ne comprend pas tout ce qu'emporte dans notre esprit l'idée du parallélisme des lignes droites. Le fait de l'impossibilité d'une rencontre n'est ici qu'un caractère accessoire, secondaire, puisque les lignes droites, dès qu'elles cessent d'être dans le même plan, cessent de se couper, sans être pour cela parallèles, et qu'un faisceau de droites parallèles n'est pas nécessairement un faisceau de droites toutes comprises dans le même plan. Ce qu'il y a de fondamental dans l'idée du parallélisme des lignes droites, c'est l'idée d'une *identité d'orientation*, laquelle implique qu'une ligne droite quelconque, venant à couper le faisceau de lignes parallèles, coupe sous le même angle toutes les parallèles qu'elle rencontre. Faute d'admettre cette donnée, ou toute autre équivalente, à titre de donnée intuitive, on se heurte contre ce que l'on a appelé le *desideratum*, le *postulatum* ou l'*imperfection* de la théorie des parallèles, laquelle n'est une imperfection que dans un sens purement artificiel et logique.

L'idée de la *similitude*, c'est-à-dire de la *ressemblance* de deux figures qui ne diffèrent que par l'échelle sur laquelle elles sont construites, doit certainement aussi être mise au nombre des données de l'intuition immédiate. Que l'on montre à un enfant

de trois ans le portrait de son père en miniature, le dessin d'un édifice qui frappe journellement ses regards, et il reconnaîtra son père, il reconnaîtra l'édifice. Il n'attend pas pour cela qu'on lui ait enseigné la géométrie et donné une définition de la similitude à la manière des géomètres, qui regardent comme une condition de perfection de n'y introduire que ce qu'il est absolument nécessaire d'y mettre, d'une nécessité logique, tandis que la Nature ne regarde pas comme une redondance d'associer dans la même intuition immédiate des caractères dont les uns peuvent être la conséquence nécessaire des autres. Or, il suffit d'avoir l'idée de la réduction des figures, et du triangle en particulier, à une échelle différente, pour qu'on puisse en conclure le fameux théorème sur la somme des angles d'un triangle et par suite toutes les propriétés des parallèles. Tel est l'enchaînement des vérités géométriques que l'on peut opérer une foule de conversions de même genre, en prenant pour point de départ ou pour donnée intuitive, tantôt une idée, tantôt une autre. La Nature a eu la libéralité de nous donner, par l'intuition immédiate, plus de notions premières que n'en requièrent les exigences de notre logique.

28. — Ce que l'on nomme une construction en géométrie, est un artifice employé pour faire concourir les données de l'intuition immédiate avec les ressources ordinaires de la logique, à l'effet de mettre en lumière des vérités géométriques dont l'énoncé n'est pas évident de lui-même. Les géomètres ont suivi pour cela deux *manières* ou deux *méthodes* bien différentes. L'une (la plus moderne) consiste à imaginer, une fois pour toutes, une construction tellement gé-

nérale, que l'on puisse en tirer ensuite une multitude de relations particulières, par les seules forces de la logique et du calcul, sans que l'attention ait besoin de se fixer sur ce que représentent en géométrie les grandeurs ou quantités auxquelles le calcul s'applique. Tel est l'objet de la géométrie dite *analytique*, qui ne pouvait naître et se développer qu'après que l'algèbre ou la langue de l'analyse mathématique s'est trouvée suffisamment organisée. La méthode plus ancienne, que par opposition l'on qualifie de *synthétique*, maintient dans un perpétuel éveil la faculté d'intuition géométrique, fait une part beaucoup moins grande à la logique générale, ne peut le plus souvent s'accommoder de la régularité de ses procédés, exige par conséquent une plus grande dépense d'invention, et, si l'invention est heureuse, a l'avantage de mener au but par le chemin le plus court, comme étant le plus directement adapté au but spécial que l'on poursuit. Nous ne rappelons ici ces notions que parce qu'elles se rattachent toutes très directement à l'objet de ce livre qui est d'énumérer ou au moins d'indiquer les idées-mères auxquelles viennent successivement s'appliquer les règles de la logique générale, pour la construction du système de nos connaissances scientifiques.

CHAPITRE IV.

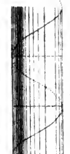
DE LA CINÉMATIQUE, OU DE LA THÉORIE GÉOMÉTRIQUE DES MOUVEMENTS, CONSIDÉRÉS EN EUX-MÊMES, INDÉPENDAMMENT DE TOUTE NOTION SUR LES CAUSES PHYSIQUES QUI LES PRODUISENT ET SUR LA NATURE DES CORPS.

29. — Lorsque l'on associe aux idées géométriques la notion de mouvement, ou que l'on combine avec les trois dimensions de l'espace l'unique dimension du temps (24), on voit naître de cette association une théorie que Lagrange a ingénieusement appelée une géométrie à quatre dimensions, dont la fécondité doit s'accroître avec le nombre des dimensions ou des données fondamentales que l'on emploie. Nous avons peu insisté sur l'économie de la géométrie proprement dite : mais les développements que nous avons en vue dans la suite de cet ouvrage, et qui trouveront alors leur justification, tant ils sont indispensables pour sortir de la routine et du vague de la vieille métaphysique, et pour mettre en lumière l'enchaînement généalogique de toute la série de nos idées, ne nous permettent pas de nous en tenir à de pareilles généralités, en ce qui touche la théorie géométrique des mouvements. Il faut ici plus d'explications, tout en s'abstenant autant que possible de détails techniques et de formules qui sont peu du goût du plus grand nombre des lecteurs.

Au fond, il n'y a guère de spéculation géométrique à laquelle l'idée de mouvement soit tout à fait étran-

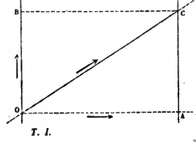
gère : ce qui se rapporte évidemment à la remarque déjà faite (20), que nous n'acquérons la notion de l'espace, et par suite toutes les notions géométriques, qu'en explorant, pour ainsi dire, l'espace et les corps par des mouvements instinctifs ou volontaires. Nous pourrons très bien définir la surface de la sphère, en disant que tous ses points sont à égales distances d'un point intérieur que l'on nomme centre : mais à la rigueur (26) il resterait encore à montrer que l'objet ainsi défini est possible; et en tout cas nous nous représenterons encore bien mieux la surface définie, si nous la concevons comme décrite par le mouvement d'un demi-cercle qui tourne autour de son diamètre. Nous aurons ainsi une intuition, une image, au lieu d'une définition purement intelligible : et de fait, si nous voulons construire matériellement une sphère, c'est la seconde définition que nous pourrons mettre en pratique, et non la première.

30. — Dans cet exemple si simple et dans une foule d'autres, nous n'avons besoin de considérer, ni la durée du mouvement, ni sa vitesse. Il peut être continu ou interrompu, décrit avec une vitesse constante ou avec une vitesse qui change pendant la durée du mouvement. Dans d'autres cas, et lorsque la description de la figure résulte de plusieurs mouvements combinés, il faut, pour que la définition soit complète, tenir compte des vitesses relatives et de la constance ou de la loi de variation des vitesses. Par exemple, si l'on imagine une ligne droite verticale qui se meuve parallèlement à elle-même d'un mouvement uniforme, de manière à décrire la cage cylindrique d'un escalier, tandis qu'un point mobile che-



mine uniformément sur cette ligne droite ou arête, de bas en haut, la courbe décrite par le point mobile, en vertu de ces deux mouvements combinés, et qui est connue sous le nom de *vis* ou d'*hélice*, aura un *pas* différent, suivant le rapport établi entre la vitesse avec laquelle l'arête mobile se déplace circulairement, et la vitesse d'ascension du point mobile le long de l'arête : de sorte que l'hélice ne se trouvera complétement définie, qu'autant qu'on assignera le rapport entre les deux vitesses.

31. — Toutefois, dans cet exemple encore, les notions de mouvement, de temps, de vitesse n'interviennent que d'une manière auxiliaire, pour faciliter la définition d'une figure que l'on pourrait à la rigueur définir autrement, et en vue d'étudier les propriétés purement géométriques que possède la figure ainsi définie : mais on peut aussi, à l'inverse, appliquer les notions que la géométrie nous donne, à la théorie du mouvement considéré en lui-même et pour lui-même. Ainsi, en continuant le même exemple, supposons qu'on ait enroulé un papier sur un tambour cylindrique et qu'on y ait tracé l'hélice dont il était question tout à l'heure, puis, qu'on vienne à dérouler le papier et à l'étendre sur un plan : l'hélice deviendra une ligne droite OC, formant la diagonale d'un



parallélogramme OACB, dont l'un des côtés OA est égal en longueur à la circonférence du cylindre, et l'autre côté AC est égal au *pas* de l'hélice, ou à la hauteur dont monte le point mobile le long de l'arête, tandis que l'arête fait le tour entier du cylindre. Il serait bizarre de considérer tous ces mouvements, uniquement pour arriver à la définition d'une ligne droite, telle que OC : mais la figure tracée servira au contraire à établir un principe très important dans la théorie du mouvement si l'on suppose que, non plus en tournant comme tout à l'heure, mais sans sortir du plan de la figure, une règle OY se déplace parallèlement à elle-même, d'un mouvement uniforme, dans le sens OX, de manière à se transporter de OB en AC en une seconde, tandis qu'un point mobile, placé originairement en O, se meut sur cette règle, d'un mouvement uniforme, le long de la rainure rectiligne OY, de manière à décrire dans une seconde l'espace OB; car il résulte alors des premières notions de la géométrie, et pour ainsi dire de la seule intuition, que le point mobile décrira sur le plan, d'un mouvement uniforme, la diagonale OC du parallélogramme, et se trouvera en C au bout d'une seconde. Cette règle si simple que nous avions besoin d'énoncer, et sur laquelle repose, on peut le dire, toute la théorie du mouvement, se nomme la règle du *parallélogramme des vitesses*.

Au reste, s'il est tout à fait contraire à l'ordre logique des idées, de définir une ligne droite au moyen de l'hélice, il peut très bien se faire qu'en raison de la facilité qu'on a d'imprimer à un cylindre un mouvement de rotation calculé, uniforme, rapide et con-

tinu, le moyen le plus commode, le plus expéditif ou le plus exact de tracer des lignes droites sur le papier, par un procédé en grand et pour ainsi dire manufacturier, soit de tracer d'abord des hélices, et d'employer pour cela une combinaison de mouvement circulaire et de mouvement rectiligne. Ainsi, une feuille ou des feuilles de papier seront progressivement enroulées sur un tambour cylindrique, le long duquel cheminera un crayon dont le mouvement rectiligne et uniforme sera réglé, ainsi que le mouvement uniforme de rotation du tambour, de manière à tracer une hélice qui deviendra, après le déroulement du papier, une ligne droite ayant l'orientation voulue.

32. — Pour tirer pareille conséquence de la disposition d'un tel mécanisme, il n'est point nécessaire de se rendre compte de la nature des forces qui mettent l'appareil en jeu, qui font tourner le tambour ou marcher le crayon : il suffit d'admettre qu'on a établi entre les deux mouvements un rapport convenable. De même il faut que l'engrenage des roues et des pignons qui conduisent les deux aiguilles d'une montre soit établi d'après certains rapports mathématiques, pour que l'aiguille des minutes fasse douze fois le tour du cadran pendant que l'aiguille des heures ne fait qu'un seul tour ; et ces rapports ainsi établis entre les pièces de l'engrenage, la relation entre les mouvements subsistera, quelle que soit la cause physique qui mette l'appareil en mouvement : la traction d'un poids, l'élasticité d'un ressort ou le doigt de l'horloger. Il y a toute une classe de machines ou d'engins mécaniques, ceux que les praticiens ont nommés des *machines-outils* (tels qu'une montre, tels que notre

machine à régler) dont nous étudions la disposition et le jeu, en vue seulement de la manière dont les mouvements des diverses pièces s'agencent et se transforment pour produire l'effet désiré, et abstraction faite de la nature du moteur et de la dépense de forces que la machine exige pour fonctionner. Ce qui fait la perfection d'une machine de ce genre, d'un chronomètre par exemple ou d'un métier à la Jacquart, ne ressemble en rien à ce qui fait la perfection d'une machine à vapeur ou d'une pompe, lesquelles sont construites pour recueillir et dépenser avec le plus d'économie, en efforts mécaniques et en résistances surmontées, les forces naturelles mises à notre disposition.

33. — Il ne s'agit point pour nous de telles applications pratiques, mais de l'ordre suivant lequel nos idées et nos théories s'enchaînent. Il suffit que le lecteur comprenne l'insertion dans le tableau général de nos sciences, d'une science qui se place entre la géométrie et la mécanique proprement dite; qui possède comme la géométrie tous les caractères d'une science abstraite et purement rationnelle, n'ayant rien à emprunter à l'expérience au sujet de la constitution des corps et des modes physiques de réalisation du mouvement, et qui, d'un autre côté, se rattache à la mécanique, en ce qu'elle a pour objet les propriétés nécessaires du mouvement, celles qui ne sauraient dépendre de la nature des causes motrices. Or, cette science intermédiaire, dont il est de la plus grande importance philosophique de bien fixer les caractères propres, vu qu'elle offre le meilleur exemple du passage d'un ordre d'idées à un autre, celui qui se prête

le mieux à une analyse exacte; cette science, disons-nous, manquait de nom jusqu'à ce qu'Ampère eût fait pour elle le mot nouveau de *cinématique* qu'on a aussitôt adopté, tant la distinction qu'il exprimait était frappante et propre à mettre de l'ordre là où régnait auparavant une grande confusion d'idées. Il ne s'agit pas seulement de la clarté de l'exposé didactique : on comprend combien la philosophie des sciences est intéressée à ce que l'on n'ait recours à une idée nouvelle ou à un postulat nouveau, qu'après s'être bien rendu compte de tout ce qui peut être légitimement tiré des idées précédemment employées, des postulats précédemment admis. Si l'idée de force, comme toutes les idées fondamentales et primitives, provoque inévitablement des controverses métaphysiques, il importe de bien voir jusqu'où l'esprit peut aller dans ses déductions, sans être tenu d'employer cette idée et d'aborder ces controverses.

34. — De même que la ligne droite et le cercle sont les éléments de la géométrie proprement dite, ainsi les mouvements *rectiligne* et *circulaire* sont les éléments de la théorie géométrique du mouvement. L'un et l'autre peuvent être *continus* ou *alternatifs*, c'est-à-dire constamment dirigés dans le même sens, ou alternativement dirigés dans un sens et dans le sens contraire; d'où la distinction de quatre mouvements élémentaires : *rectiligne-continu*, *rectiligne-alternatif*, *circulaire-continu*, *circulaire-alternatif*, que nos machines simples et les mécanismes les plus compliqués ont pour fonction de transmettre ou de transformer, selon le but que se propose l'industrie de l'homme. Cette première classification est la base de la ciné-

matique industrielle, dont les développements doivent rester étrangers à un ouvrage du genre de celui-ci.

Le mouvement est dit *uniforme*, si le mobile décrit toujours, dans des temps égaux, des espaces égaux, si petits que l'on suppose les temps et les espaces correspondants. La *vitesse* du mouvement deviendra double, triple, quadruple, si le mobile décrit dans le même temps des espaces doubles, triples, quadruples. La notion de la vitesse est donc celle d'un rapport entre l'espace parcouru et le temps employé à le parcourir. On se conforme dans le langage ordinaire à cette notion commune, quand on dit que tel mouvement a lieu avec une vitesse de tant de mètres ou de kilomètres, par heure, par minute, par seconde.

Admettons pour un moment (quoique cela soit peu conforme aux indications de la physique actuelle) que la vitesse d'un mobile puisse changer brusquement de valeur à certaines époques, en restant constante dans l'intervalle de temps qui sépare deux époques consécutives : on n'aura encore qu'une succession de mouvements uniformes, et non un mouvement varié, dans le propre sens du mot. On doit entendre par mouvement *varié* celui dans lequel la vitesse change sans cesse, le mouvement s'accélérant ou se ralentissant à chaque instant d'une manière continue. Un exemple très sensible d'accélération continue dans le mouvement nous est fourni par le phénomène de la chute des corps pesants. Tout le monde a le sentiment (c'est-à-dire une idée restée vague faute de définition précise) d'une vitesse qui change ainsi sans cesse avec continuité : mais, quelle est alors la définition mathématique ou la mesure de la vitesse du mobile en cha-

que instant ? Supposons que le mobile parte du repos pour prendre un mouvement qui va en s'accélérant sans cesse, et qu'au bout d'une seconde il ait décrit un espace de cinq mètres : il est clair qu'il a eu d'abord une vitesse moindre et ensuite une vitesse plus grande que celle de cinq mètres par seconde. Cette vitesse de cinq mètres par seconde n'est qu'une moyenne entre toutes les valeurs, en nombre infini, que la vitesse a prises dans l'intervalle d'une seconde. Partageons cet intervalle en dixièmes de seconde, pendant chacun desquels la vitesse a dû varier beaucoup moins. Il y a eu, je le suppose, un de ces nouveaux intervalles pendant lequel le mobile a parcouru trois décimètres, et l'on commettrait une erreur beaucoup moindre en admettant que la vitesse n'a pas sensiblement varié durant cet intervalle; qu'ainsi, pendant ce dixième de seconde, elle était de trois décimètres par dixième de seconde, ou de trois mètres par seconde. Pour atténuer indéfiniment l'erreur commise, il n'y aura donc qu'à partager l'intervalle d'une seconde, non plus en dixièmes, mais en centièmes, en millièmes de seconde, et ainsi de suite. Les mathématiques offrent des procédés pour cela, et pour atteindre directement, dans une foule de cas susceptibles d'une définition mathématique, la limite vers laquelle on tend par l'atténuation indéfinie des erreurs commises. C'est ce que nous rappellerons dans l'un des chapitres qui doivent suivre, en indiquant l'idée-mère du calcul infinitésimal.

35. — Comme deux portions quelconques de ligne droite de même longueur, ou deux arcs quelconques de même longueur, pris sur des cercles de rayons

égaux, sont des lignes qui coïncideraient parfaitement si on les superposait l'une à l'autre (ce qu'on peut exprimer en disant que la ligne droite et le cercle ont un cours parfaitement uniforme), il s'ensuit que la notion de l'uniformité du mouvement s'applique au mouvement circulaire aussi bien qu'au mouvement rectiligne, au mouvement de *rotation* aussi bien qu'au mouvement de *translation* en ligne droite. D'ailleurs il n'y a pas d'autre ligne que la ligne droite et le cercle, dont le cours soit uniforme dans le sens qui vient d'être expliqué; et par conséquent la notion de l'uniformité ne s'applique qu'aux mouvements rectiligne et circulaire, et s'applique de la même manière à ces deux genres de mouvements, du moins tant qu'on ne sort pas d'une théorie purement géométrique du mouvement. Plus tard seulement la physique nous enseignera qu'il y a, quand on tient compte de la nature des forces motrices et des propriétés de la matière, une différence essentielle entre les conditions du mouvement rectiligne uniforme, et celles du mouvement circulaire, pareillement uniforme.

36. — Un même mobile peut être affecté à la fois de plusieurs mouvements distincts. Le passager va et vient sur le paquebot où il s'est embarqué et en même temps il participe à tous les mouvements du paquebot, à son mouvement progressif dont le sillage conserve la trace, à ses mouvements de roulis et de tangage. A son tour le paquebot, et par conséquent le passager, participent au mouvement de rotation de la terre, à son mouvement elliptique autour du soleil. Enfin la terre, et par conséquent le paquebot et le passager, participent aux mouvements qui entraînent

le soleil et tout le système solaire dans les espaces célestes. Rien ne limite nécessairement, ni dans un sens, ni dans l'autre, cette série de mouvements subordonnés les uns aux autres : car le passager qui va et vient sur le paquebot est un être organisé dans la structure duquel on distingue des parties solides et liquides qui ont aussi leurs mouvements propres, en même temps qu'elles participent aux mouvements communs à l'être organisé, pris dans son ensemble.

Lorsque les divers mouvements dont un mobile est animé sont tous dirigés suivant la même ligne droite, on voit immédiatement qu'ils s'ajoutent l'un à l'autre ou qu'ils se retranchent l'un de l'autre, selon qu'ils sont de même sens ou de sens directement contraires. Par exemple, si un bateau chemine d'une vitesse uniforme le long d'un canal en ligne droite, et qu'un passager chemine, aussi d'une vitesse uniforme, sur le pont et dans l'axe du bateau, comme aussi dans le sens suivant lequel le bateau s'avance, il est clair qu'en prenant ses points de repère dans la ligne d'arbres qui bordent le canal, le mouvement *absolu* du passager sera encore un mouvement rectiligne et uniforme, dont la vitesse sera égale à la somme des deux vitesses, l'une qui est propre au passager, ou qui est sa vitesse *relative* au corps du bateau, l'autre qui lui est *commune* avec le système formé du corps du bateau et de tous les objets que le bateau porte. Au lieu d'une somme on aurait une différence, si les deux mouvements étaient dirigés en des sens diamétralement opposés.

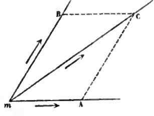
On comprend sans plus de difficulté comment des mouvements circulaires, autour d'un même axe de

rotation, peuvent s'ajouter les uns aux autres ou se retrancher les uns des autres. Ainsi, un voyageur qui chemine le long d'un cercle de latitude, tourne en réalité autour de l'axe de la terre, tandis qu'il participe au mouvement commun de rotation de tous les objets terrestres autour de ce même axe; et ces deux mouvements s'ajoutent ou se retranchent, selon que le voyageur décrit le cercle de latitude en cheminant de l'occident à l'orient ou de l'orient à l'occident. Dès lors il y a lieu de distinguer, pour les mouvements de rotation comme pour les mouvements rectilignes, des mouvements absolus et des mouvements relatifs, des mouvements *propres* et des mouvements communs ou d'*entraînement*.

37. — La distinction des mouvements absolus et des mouvements relatifs se présente, non seulement à propos de la coexistence, dans un même mobile, d'un mouvement propre et d'un mouvement d'entraînement, mais encore à propos de plusieurs mobiles dont les mouvements sont indépendants les uns des autres. Tel est le cas pour plusieurs trains qui cheminent sur les rails parallèles d'une même voie ferrée, et qui viennent à passer en présence les uns des autres. La vitesse avec laquelle semble fuir le train n° 2, observé du train n° 1, n'est pas sa vitesse absolue, mais sa vitesse relative, laquelle est la différence des vitesses absolues des deux trains, si tous deux vont dans le même sens, et au contraire la somme de ces mêmes vitesses, au cas qu'elles soient dirigées, l'une dans un sens, l'autre en sens contraire.

38. — Que s'il s'agit du mouvement absolu d'un mobile, animé à la fois de deux mouvements recti-

lignes uniformes, qui n'ont pas la même direction ou la même orientation dans l'espace, ce sera le cas d'appliquer la règle du parallélogramme des vitesses que nous avons déjà fait connaître (31). Ainsi, le point mobile *m*, auquel on imprime ou communique simultanément, n'importe par quel moyen, deux mouvements rectilignes uniformes, l'un dirigé dans le sens *m*A, l'autre dans le sens *m*B, et dont les vitesses sont en raison des longueurs *m*A, *m*B, décrit par suite la ligne *m*C qui est la diagonale du parallélogramme *m*ACB; et le rapport entre cette vitesse *résultante* et chacune des deux vitesses *composantes* est le même que le rapport entre la lougueur de la diagonale et celle du côté correspondant du parallélogramme.



Dans les applications à faire de cette règle, tantôt les mouvements *m*A, *m*B seront donnés, et il s'agira de déterminer le mouvement *m*C que doit prendre le mobile : c'est ce qu'on appelle la composition des mouvements; tantôt à l'inverse le mouvement résultant *m*C est détermiué, et il s'agit de savoir par quelle combinaison de mouvements composants on peut le produire, ce qui s'appelle la décomposition des mouvements. La solution du premier problème est unique et déterminée : le second comporte évidemment, à la graude commodité des mécaniciens, une infinité de solutions différentes, puisque l'on peut construire une infinité de parallélogrammes qui aient pour diagonale commune la ligne *m*C.

Ajoutons que la règle pour la composition de deux mouvements s'étend sans difficulté à la composition d'un nombre quelconque de mouvements concourants. Ajoutons encore que les mouvements circulaires ou de rotation se composent et se décomposent d'après une règle tout à fait analogue à celle qui vient d'être indiquée pour la composition et la décomposition des mouvements rectilignes. La théorie géométrique du mouvement n'offre rien de plus curieux ni de plus important que cette analogie, qu'il serait d'ailleurs inutile de développer ici.

39. — Si l'on considère un point mobile, animé de plusieurs vitesses, propres ou d'entraînement, il y aura à remarquer un cas singulier, celui où toutes ses vitesses se compenseraient : de manière que la vitesse résultante fût nulle et que le mobile restât en repos dans l'espace absolu, ou par rapport aux points de repère que l'on regarde comme absolument fixes. C'est ce qui arriverait, par exemple, à un mobile posé sur une sphère dont il partagerait le mouvement de rotation uniforme, et qui en même temps, parcourrait un petit cercle de cette sphère, dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation, de manière à avoir une vitesse propre précisément égale et de sens opposé à celle qu'il prend en vertu du mouvement commun. L'égalité des deux mouvements de la lune, celui de rotation sur elle-même et celui de circulation autour de la terre, égalité en vertu de laquelle elle nous présente toujours le même hémisphère et nous dérobe l'autre, peut donner l'idée d'une pareille coïncidence (toute singulière qu'elle est) dans l'ordre des phénomènes naturels.

40. — D'ailleurs ce cas singulier donne la clef de la solution de tous les problèmes que l'on peut se proposer sur la composition des mouvements dans le cas le plus général. Car, quel que soit le mouvement résultant que le mobile doit prendre, par la combinaison ou la composition de tous les mouvements qui lui sont effectivement imprimés, au nombre de cinq par exemple, il est clair que le moyen de le réduire au repos dans l'espace absolu serait de lui imprimer en outre un sixième mouvement, précisément égal et contraire à celui que les cinq autres mouvements lui font prendre. Mais, par supposition, nous connaissons les relations mathématiques qui doivent subsister entre les six mouvements pour qu'ils se détruisent les uns les autres; et comme les cinq premiers mouvements nous sont donnés, nous tirons de ces relations le moyen de calculer, en intensité et en direction, le sixième mouvement. Il n'y a donc plus qu'à renverser la direction, tout en gardant la même intensité, pour déterminer le mouvement résultant, produit par la combinaison des cinq mouvements donnés. Nous ne tarderons pas à voir, dans le second chapitre du livre suivant, les très curieuses conséquences, mathématiques et philosophiques, qu'on peut tirer de cette remarque.

CHAPITRE V.

DES IDÉES DE LOI OU DE SUCCESSION RÉGULIÈRE, DE L'ESSENTIEL ET DE L'ACCIDENTEL, DE L'ORDRE ET DE LA CLASSIFICATION RATIONNELS, PAR OPPOSITION A L'ORDRE ET A LA CLASSIFICATION LOGIQUES. — DE L'IDÉE DE TYPE.

41. — On ne saurait avoir l'idée d'un ordre quelconque de succession, ni en particulier d'un mouvement ou d'uu changement quelconque qui s'accomplit dans le temps, sans que cette idée n'appelle celle d'une *loi* dans la succession, dans le mouvement ou dans le changement, quel qu'il soit. Si je dis qu'une ellipse est une courbe pour chaque point de laquelle la somme des distances aux deux foyers est constante, je fais de la pure géométrie, je donne une définition géométrique et rien de plus : mais, si je dis qu'un point se meut dans un plan, de manière que la somme de ses distances à deux points fixes reste constante, je donne aussitôt l'idée d'une loi qui régit le mouvement du point mobile; j'exprime, si l'on veut, la loi de description ou de génération de la courbe. Or, qui ne voit que les mots de *description*, de *génération*, et autres semblables, ne sont ici qu'autant de termes employés pour rendre l'idée de mouvement?

Il en est de même, quelle que soit la nature de l'ordre de succession, ou l'espèce de la *série* que l'on considère. Prenons un exemple dans l'arithmétique pure, et supposons qu'il s'agisse de convertir la fraction $\frac{1}{7}$ en fraction décimale : la conversion, comme

on sait, ne pourra se faire exactement, mais on aura, en décimales, une valeur d'autant plus approchée de $\frac{1}{7}$, que l'on poussera le calcul plus loiu; et les chiffres décimaux se reproduiront en série, par périodes de six chiffres, de la manière suivante :

0, 142857 142857 142.....,

de sorte qu'il suffira de calculer les six premiers chiffres pour pouvoir écrire tous les autres sans calcul nouveau. Voilà qui nous donne bien l'idée d'une loi ou d'un *ordre régulier* dans la succession des chiffres, quoique cette succession ne suppose pas un mouvement proprement dit. La loi de la série ou la régularité dans la succession des chiffres tient ici à la nature de notre numération décimale et aux propriétés des deux nombres 10 et 7, dout l'un sert de base à cette numératiou, et dont l'autre est le *dénominateur* de la fraction qu'il s'agit de convertir en décimales.

Dans les calculs qui n'exigent pas une grande précision on admet avec Archimède que la longueur d'une circonférence de cercle vaut trois fois celle du diamètre, plus un septième du diamètre. Si cette hypothèse était exacte, le rapport de la circonféreuce au diamètre, évalué en décimales, donnerait la série de chiffres

3, 142857 142857 142....,

de laquelle on pourrait dire tout ce qu'on vient de dire de la précédente. Mais tel n'est point le cas, et lorsque l'on emploie les formules dont les géomètres sont en possession pour évaluer en décimales (non pas exactement, ce qui n'est pas possible, mais avec une approximation de plus en plus grande) le rap-

port de la circonférence d'un cercle à son diamètre, on tombe sur la série suivante :

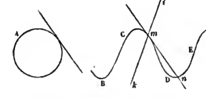
3,14159265358979323846264338327950....,

que quelques calculateurs ont eu la patience de pousser bien plus loin, mais qui n'offrirait jamais plus de régularité, si loin qu'on la prolongeât. Cette série ne serait donc pas propre à nous donner l'idée d'une loi, quoique la place de chaque chiffre y soit certainement déterminée par des raisons mathématiques. Cette série nous donnerait seulement l'idée d'un *fait*, lequel appartient, il est vrai, à l'ordre des faits purement intelligibles, rationnels et nécessaires.

42. — Nous venons d'observer une loi et d'en chercher la *raison*. Il suffit d'avoir un peu étudié une science, telle que l'arithmétique et la géométrie, ayant pour objet des vérités éternelles et nécessaires, pour saisir l'idée de la subordination rationnelle, ou d'un ordre suivant lequel les choses s'enchaînent, en tant que l'une est le principe ou la raison de l'autre. Il ne faut pas confondre l'ordre *rationnel* avec l'ordre *logique*, quoique l'un de ces mots ait la même racine en grec que l'autre en latin. L'ordre rationnel tient aux choses, considérées en elles-mêmes : l'ordre logique tient à la construction des propositions, aux formes et à l'ordre du langage qui est pour nous l'instrument de la pensée et le moyen de la manifester. On distingue très bien parmi les différentes démonstrations qu'on peut donner d'un même théorème, toutes irréprochables au point de vue des règles de la logique, et rigoureusement concluantes, celle qui donne la vraie raison du théorème démontré, c'est-à-dire celle

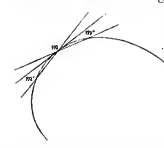
qui suit dans l'enchaînement logique des propositions l'ordre suivant lequel s'engendrent les vérités correspondantes, en tant que l'une est la raison de l'autre. En conséquence, on dit qu'une démonstration est indirecte, lorsqu'elle intervertit l'ordre rationnel; lorsque la vérité, obtenue à titre de conséquence dans la déduction logique, est conçue par l'esprit comme renfermant au contraire la raison des vérités qui lui servent de prémisses logiques[1].

43. — Il faut encore éclaircir par l'idée fondamentale de la raison des choses et de leur enchaînement rationnel, l'idée que nous avons de l'*essentiel* et de l'*accidentel*. Tout à l'heure nous empruntions un exemple à l'arithmétique : ici nous ferons notre emprunt à la géométrie. On a coutume de définir dans les éléments de cette science, la *tangente* à un cercle, en disant que c'est une ligne droite qui n'a qu'un point de commun avec le cercle. La définition est logiquement irréprochable, en ce sens qu'elle convient à la chose définie et qu'elle ne convient qu'à elle; mais rationnellement elle ne vaut rien, attendu qu'elle définit la tangente par une propriété purement accidentelle et non par ce qui la caractérise essentiellement. Au lieu du cercle A, prenons une courbe sinueuse BCDEF..., telle que serait l'ombre ou la *projection* d'une *vis* ou d'une *hélice* sur un plan (30), et



[1] *Essai....., passim*, notamment le chap. II.

nous observerons : 1° qu'une ligne droite telle que *mn* qui touche la courbe au point *m*, va la couper en un autre point *n*, et par conséquent a plus d'un point de commun avec la courbe; 2° que par le même point *m* on peut faire passer une infinité de droites telles que *ik*, qui n'ont que ce point de commun avec la courbe, et qui pourtant la coupent au lieu de la toucher. Pour fixer le caractère essentiel de la tangente, il faut considérer une ligne droite qui, ayant avec la courbe le point *m* commun, et la coupant d'abord en un autre point *m'* très rapproché de *m*, tourne autour du point *m* comme sur un pivot, de manière que le second point d'intersection se rapproche de plus en plus de *m*, puis (le mouvement de rotation continuant) passe de l'autre côté de *m*, en un point tel que *m"*. Dans ce mouvement de rotation continu de la droite sécante, il y a un moment où le point mobile d'intersection passe d'un côté de la sécante à l'autre, en se confondant avec le point fixe *m*. En ce moment la droite mobile n'a plus, *dans le voisinage immédiat* du point *m*, que ce même point *m* qui lui soit commun avec la courbe; la direction de cette droite est justement alors ce qu'il faut entendre par la direction de l'élément de la courbe en ce même point *m*; et voilà ce qui constitue le caractère essentiel de la tangente à une courbe. Peu importe que dans d'autres parties de son cours, et à une distance plus ou moins grande du point *m*, la courbe vienne



de nouveau rencontrer la tangente en *n*, soit en la coupant (comme c'est le cas pour la courbe sinueuse dont on a donné le tracé plus haut), soit en la touchant seulement. Ou au contraire peu importe que la courbe ne rencontre plus sa tangente, comme c'est le cas pour le cercle et pour toutes les courbes dont la convexité est constamment dirigée dans le même sens. Cette propriété de la tangente au cercle n'en est qu'une propriété accidentelle et ne nous fait point connaître en quoi consiste l'essence du contact entre une ligne droite et une courbe (27).

44. — Il ne faut pas confondre l'idée d'*essence* avec celle de *substance*, pas plus que l'idée de la *raison* des choses avec l'idée de *cause*. Comme nous le montrerons ailleurs, les idées de cause et de substance ont une double origine, physique et psychologique : tandis que les idées de la raison et de l'essence des choses pourraient résider dans une intelligence qui n'aurait, ni la même constitution psychologique, ni les mêmes notions sur les phénomènes du monde physique. Cependant, tout en maintenant la distinction, il faut reconnaître l'affinité qui a fait souvent employer indifféremment les termes de raison et de cause, d'essence et de substance, dans le langage des métaphysiciens et jusques dans le langage consacré de la théologie, comme nous le rappellerons en son lieu[1].

---

[1] La confusion des idées de *raison* et de *cause* est ce qui affaiblit la valeur des *Derniers Analytiques* d'Aristote, bien supérieurs, selon nous, à toutes les autres parties de l'*Organon*, et le chef-d'œuvre du Stagirite. Voulant y donner la théorie de la *démonstration*, pour la mettre en regard de la théorie du *syllogisme*, qui fait l'objet des *Premiers Analytiques*, il est conduit en maint endroit, par la nature

45. — On a vu tout à l'heure qu'une définition peut être logiquement exacte et rationnellement défectueuse, parce que l'ordre logique qui n'est en général qu'un ordre artificiel, tenant à certaines vues de notre esprit, peut fort bien ne pas cadrer, et ne cadre même qu'accidentellement avec l'ordre rationnel, qui doit être l'expression fidèle des rapports que les choses ont entre elles en vertu de leur nature et par leur essence propre. La même remarque s'applique aux classifications et donne lieu de distinguer entre les classifications artificielles ou purement logiques, et les classifications rationnelles. Si je veux classer les courbes dont les géomètres s'occupent, et que je mette dans une classe les courbes fermées et limitées dans leur cours, puis dans une autre classe celles dont le cours se prolonge indéfiniment, j'aurai établi une classification assurément irréprochable au point de vue de la logique, car elle repose sur une définition précise et sur des caractères tranchés; mais rationnellement cette classification ne vaudra rien ; car, tandis que l'ellipse est une courbe fermée, la parabole et l'hyperbole ont des branches qui s'étendent indéfiniment : et pourtant ces trois courbes connues des anciens sous le nom de *sections du cône*, des modernes sous le nom de *courbes du second degré*, ont entre

du sujet et par la pénétration de son jugement, à discerner l'enchaînement logique, fondement de toute construction syllogistique, de l'enchaînement rationnel, sur lequel toute démonstration doit se fonder pour satisfaire pleinement l'esprit. Cependant la distinction n'est nulle part établie avec une netteté suffisante, et la longue série des commentateurs n'a ni relevé ni corrigé cette imperfection de l'œuvre du maître.

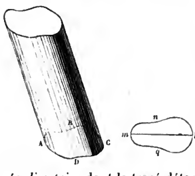
elles de telles affinités, que l'on ne peut les séparer les unes des autres, à quelque point de vue qu'on en étudie les propriétés et le mode de génération. Elles sont donc génériquement associées par leurs caractères essentiels, ou elles constituent un genre parfaitement caractérisé dans une classification rationnelle.

La meilleure classification logique ou artificielle est celle qui soulage le mieux la mémoire, facilite le mieux les recherches, met tous les objets dans l'ordre le plus aisément saisissable, établit les démarcations le plus nettement tranchées; et des caractères accidentels peuvent être pour tout cela bien préférables aux caractères les plus essentiels. Une classification qui, sur mille objets à classer, en mettrait 999 d'un côté et un de l'autre, remplirait très mal le but d'une classification artificielle ou purement logique : tandis qu'il faudra quelquefois l'accepter comme conséquence de l'ordre rationnel et de la valeur relative des caractères essentiels.

Dans une classification purement logique, et partant conventionnelle ou arbitraire, tous les groupes de même ordre figurent au même titre dans la classification; mais il n'en est plus de même dans une classification rationnelle, où des groupes, auxquels la pénurie du langage force d'imposer la même étiquette générique, peuvent être fondés sur des caractères de valeur inégale, et qui n'établissent pas entre les objets groupés des analogies aussi intimes les unes que les autres.

46. — La structure et le but d'une classification logique excluent l'idée que le même objet puisse appartenir à la fois à des cases ou à des groupes diffé-

rents; mais il n'en est plus de même dans l'ordre rationnel, qui admet bien autrement de diversités, et force à tenir compte de tous les caractères, pour obtenir, autant qu'il dépend de nous, l'expression adéquate des rapports essentiels des choses. Ainsi, les géomètres établissent un genre de surfaces qu'ils appellent *cylindriques*, et qui sont engendrées par une ligne droite qui se meut parallèlement à elle-même (30), en suivant le contour d'une courbe quelconque ABCD, nommée *directrice*, dont le tracé détermine chaque surface cylindrique en particulier ou chaque individu compris dans le genre. Ils établissent de même un autre genre de surfaces, qu'ils appellent *de révolution*, et dont la propriété générique consiste à être engendrées par une courbe *mnpq* tournant autour d'un axe *mp*, de manière que chaque surface de révolution soit individuellement déterminée par le tracé de la courbe *mnpq*, que les géomètres appellent la ligne *méridienne*, et que dans les arts on appellerait le *profil* de la surface. Or, la surface du cylindre ordinaire, de celui que l'on considère dans les éléments de géométrie, et dont les arts font un usage si fréquent, est à la fois une surface cylindrique et une surface de révolution; cette surface ne serait pas complétement étudiée si on ne l'étudiait pas à ce double point de vue.



La classification rationnelle admet, mais seulement quand la nature des choses y conduit, cette hiérarchie de genres, d'ordres, de classes, que la classification artificielle ou purement logique fonde sur des caractères accidentels ou des définitions arbitraires, en vue surtout des exigences de la symétrie, de la clarté que répand et de la commodité que procure un ordre bien symétrique. La géométrie nous fournirait encore au besoin des exemples de cette subordination hiérarchique dans une classification rationnelle. Ainsi, le genre des surfaces *cylindriques* se compose des surfaces qu'une ligne droite engendre en se mouvant parallèlement à elle-même; le genre des surfaces *coniques* comprend celles qu'une ligne droite engendre en se mouvant de manière qu'elle pivote toujours sur le même point; ces deux genres de surfaces et d'autres encore sont compris dans ce que l'on peut nommer l'*ordre* des surfaces *développables*, comprenant toutes celles qu'une droite engendre dans son mouvement, et qui jouissent en outre du caractère remarquable (dont les arts font bien leur profit) de pouvoir s'étaler ou se développer sur un plan sans déchirure ni duplicature; enfin l'ordre des surfaces développables est compris avec d'autres dans la *classe* des surfaces qu'on appelle *réglées*, parce qu'elles sont toutes engendrées par le mouvement d'une ligne droite, mais sans qu'elles aient (à l'exception des surfaces développables) la propriété de pouvoir être étalées sur un plan, à moins d'être pliées ou plutôt écrasées, de même qu'on écraserait la surface d'une sphère si l'on voulait la rendre plane.

47. — Comme il n'y a pas de plus grands classifi-

cateurs que les naturalistes, vu la multitude des objets qu'ils ont à étudier et à comparer, il était tout simple que la distinction des méthodes artificielles et des méthodes ou des classifications *naturelles*, vînt d'abord des naturalistes : toutefois il y a dans l'idée des méthodes naturelles autre chose que l'idée abstraite d'une subordination rationnelle entre les objets à classer; il s'y joint le sentiment des procédés et des formes de la Nature vivante, et l'idée d'une parenté dont l'origine nous échappe, mais qui doit ressembler à beaucoup d'égards à la parenté proprement dite, avec laquelle elle s'identifie même dans certains cas. Il faut écarter ici (sauf à y revenir plus tard) ces idées accessoires, pour s'attacher à l'idée principale, à celle d'une classification fondée sur le discernement des caractères essentiels et accidentels, et sur l'appréciation des caractères essentiels.

Que cette appréciation se lie toujours plus ou moins à l'idée de *génération*, même dans l'ordre des conceptions abstraites, c'est ce dont on a pu juger par les exemples mêmes que nous venons d'emprunter à la géométrie. Saisir les caractères essentiels des choses, c'est saisir la manière dont elles procèdent rationnellement les unes des autres, ou s'engendrent les unes les autres. Mais, pour les êtres vivants dont le naturaliste s'occupe, la liaison des idées de génération et de classification est encore bien plus palpable, comme l'indique l'étymologie même des mots de *genre* et d'*espèce*; la génération (*genus*) produit des êtres qui ont l'apparence (*species*) de ceux qui les ont engendrés. Tel est le fait saillant, sensible pour tous, sur lequel les logiciens, les philosophes, les naturalistes

ont travaillé, tous à leur manière. Ce qu'il y a de bizarre, c'est que les logiciens ont retenu, mieux que les naturalistes, les traces d'une étymologie dont le premier coup-d'œil jeté sur la Nature vivante avait fait les frais; car, pour se conformer à l'étymologie, il faudrait appeler genre ce que les naturalistes nomment espèce, et espèces les individualités dont en général ils ne s'occupent guère. Il faudrait, comme on le fait encore au barreau par un reste de tradition scolastique, appeler du nom d'espèces les cas individuels et particuliers; il faudrait, comme le font les philosophes et les moralistes, qualifier de genre humain ce que les naturalistes appellent l'espèce humaine. Surtout il ne faudrait pas, à la manière des naturalistes, employer le nom de genre justement quand il s'agit d'une affinité entre espèces, que n'expliquent plus les phénomènes connus de la génération ordinaire. Mais, peu importent après tout les étiquettes de nos idées: l'important est de bien se rendre compte des idées en elles-mêmes, chose difficile; car ordinairement ce qui nous frappe d'abord dans les choses n'est pas ce qui les constitue le plus essentiellement, et nous ne parvenons à dégager l'essentiel de l'accessoire que par des comparaisons attentives, quand nous pouvons y parvenir.

Par exemple, il n'importe à l'essence de la classification que le nombre des objets classés soit limité ou illimité de sa nature. Pour un naturaliste, les individus seuls sont en nombre illimité; les espèces, les genres, les ordres, les familles, etc., sont nécessairement en nombre limité; mais, pour un chimiste, les individualités mêmes avec lesquelles il s'agit de for-

mer le premier groupe générique, sont en nombre limité, et dans l'ordre des classifications géométriques auxquelles nous empruntions tout à l'heure des exemples, il y a absence de limitation dans le nombre des objets classés, à quelque degré qu'on se place dans l'échelle de la classification. Ainsi, non seulement le nombre des surfaces particulières constituant le genre des surfaces cylindriques est illimité, mais il y a aussi un nombre illimité de genres analogues composant l'ordre des surfaces développables, et ainsi de suite.

48. — L'idée de *type* est tantôt plus générale, tantôt plus circonscrite que les idées de *genre* ou d'*espèce*, avec lesquelles elle se rencontre souvent, sans qu'il faille les confondre. L'homme est toujours porté à exprimer ses idées les plus générales et les plus élevées à l'aide d'un exemple concret, sensible et familier; la comparaison d'un cachet et de son empreinte est celle qui s'offre ici le plus naturellement, et qui, dans toutes les langues, sert à exprimer l'idée d'un type, par corrélation avec l'idée de ses exemplaires ou de ses épreuves. Les exemplaires se ressemblent entre eux, et cette ressemblance est fondée sur ce que chacun d'eux ressemble au type; peut-être même qu'ils se ressemblent assez, si le procédé de moulage est excellent, pour qu'on ne puisse pas à l'œil nu et de prime abord les distinguer les uns des autres; mais regardez-les à la loupe avec beaucoup de soin, et vous parviendrez à y découvrir quelques différences, surtout si vous êtes connaisseur ou expert dans ce genre de recherche. Or, qu'importe qu'il s'agisse d'une empreinte grossière ou d'un moulage plus parfait? La différence n'est que du plus au moins quant aux irré-

gularités ou aux écarts. En principe donc il faut admettre qu'aucuns des exemplaires ne se ressemblent parfaitement, quoique tous attestent par leur ressemblance, tout imparfaite qu'elle est, leur dérivation d'un type commun.

Au lieu d'obtenir les exemplaires par voie d'empreinte, on peut les obtenir par voie de copie. Ce qui s'appelait type dans le sens propre s'appellera alors un *modèle;* mais, philosophiquement, et au degré d'abstraction où nous devons nous placer, rien ne distingue l'idée du modèle de l'idée du type, et aussi ces deux termes s'emploient-ils indistinctement l'un pour l'autre dans le langage philosophique. Si l'imitation de l'artiste comporte moins de précision que les procédés de moulage de l'ouvrier, il y aura d'un exemplaire à l'autre des différences plus faciles à noter; on n'en conclura pas moins (et c'est là le point capital) que la ressemblance des exemplaires entre eux provient de leur ressemblance à un type ou à un modèle commun.

Autres choses sont le coin d'une monnaie et la monnaie même, la planche du graveur et l'estampe tirée sur la planche, un monument d'architecture et l'épreuve daguerrienne qui le reproduit. Le type ou le modèle n'est donc pas nécessairement congénère avec les exemplaires qui en dérivent, quoique les exemplaires entre lesquels la comparaison s'établit soient pour l'ordinaire congénères entre eux. Pour qui n'aurait que le sens du tact sans celui de la vue, ou le sens de la vue sans celui du tact, l'exemplaire se trouverait être souvent une chose sensible, tandis que le type ou le modèle ne le serait pas; il n'y aurait donc pas la

moindre absurdité à admettre pour des objets sensibles un type ou un modèle qui ne serait pas du nombre des choses sensibles, et dont la raison concevrait l'idée, bien qu'il nous fût impossible de nous en former une image.

49. — Des choses peuvent être de même espèce sans qu'il y ait de motifs d'admettre qu'elles dérivent d'un même type : soit qu'il s'agisse d'espèces que nous constituons artificiellement, d'après le rapprochement de caractères accidentels, pour le besoin de nos classifications; soit même qu'il s'agisse de choses qui ont entre elles une affinité naturelle ou essentielle. Ainsi, d'une part, des choses de même espèce peuvent n'avoir pas entre elles des rapports de la nature de ceux que la dérivation d'un type commun établit entre les exemplaires d'un même type; d'autre part, diverses choses peuvent dériver d'un même type sans être pour cela congénères ou de même espèce, comme un tableau, une estampe, une médaille, un camée, un bas-relief. L'idée de type a donc bien, comme nous l'annoncions, tantôt plus, tantôt moins d'extension que les idées d'espèce ou de genre, qui sont le fondement de toutes les classifications, et il ne faut point les identifier.

Mais, de même que l'idée d'un premier groupe générique nous mène à concevoir une hiérarchie de genres ou de groupes d'un ordre supérieur, ainsi l'idée de la procession d'un type à ses exemplaires nous suggère celle d'une hiérarchie de types dérivant immédiatement les uns des autres. Nos divers hôtels de monnaies ont chacun leurs coins qui sont des types par rapport aux espèces frappées dans ces hôtels, et

qui sont aussi autant d'exemplaires d'un type primitif et officiel que l'artiste a signé et que le Gouvernement a adopté. Ce type officiel se modifie souvent par le millésime, par le module et par d'autres accessoires, selon l'année de la fabrication et l'espèce de monnaie que les coins doivent servir à frapper : de manière pourtant que l'idée gouvernementale et la pensée de l'artiste, dans ce qu'elles ont de fondamental, se reproduisent d'un type à l'autre.

50. — Les images qui se peignent dans notre esprit, les idées que chacun de nous se fait des choses, peuvent être considérées comme autant de copies d'un modèle extérieur, comme autant d'empreintes ou d'exemplaires d'un type qui est la chose même, concrète ou abstraite, dont nous gardons en nous-mêmes l'image ou l'idée. Et quand nous essayons de les communiquer aux autres par le langage, ces empreintes, ces exemplaires deviennent à leur tour comme un type ou un modèle intérieur dont il s'agit de fournir, aussi correctement que possible, une copie ou une épreuve. Par où l'on voit bien que la vérité dans les idées et dans l'expression des idées est en général quelque chose qui admet l'approximation, le plus et le moins, non quelque chose de tranché, ainsi qu'on le suppose souvent, comme s'il n'y avait point de milieu entre le vrai et le faux. Et en même temps l'on voit que l'idée, tout en étant la copie vraie ou fidèle de l'objet conçu, n'en est pas nécessairement la reproduction identique, et peut garder, dans ce qui la constitue, quelque chose qui tienne exclusivement à la constitution de l'entendement, comme une estampe qui peut être une excellente copie d'un tableau, quoi-

que privée d'un grand nombre des qualités que le tableau possède, et quoiqu'elle en offre d'autres que le tableau ne possède pas.

En considérant que nos idées humaines sont autant d'exemplaires de types extérieurs à l'entendement, de grands philosophes ont été conduits à supposer que ces objets mêmes, extérieurs à l'entendement, pourraient bien n'être que les exemplaires d'un type supérieur qu'ils ont comparé à nos idées (48). Voilà le fondement de la métaphysique platonicienne, qu'il n'entre pas dans notre plan de discuter, pas plus que d'autres théories métaphysiques, restées étrangères à l'interprétation scientifique des phénomènes. Cependant un reflet de cette philosophie se retrouve dans les théories modernes des naturalistes sur les types organiques, et nous reprendrons par la suite, à ce point de vue, l'étude de l'idée de type. Il importait seulement d'en marquer la place ici, parmi les idées générales qu'il faut envisager d'abord dans toute leur généralité et leur abstraction, sauf à tenir compte ultérieurement des notions accessoires qui s'y rattachent, à mesure que l'on passe aux applications spéciales.

CHAPITRE VI.

DES IDÉES DE FONCTION ET DE VARIABLE INDÉPENDANTE; DE LA MESURE DU TEMPS ET DES PRINCIPES DU CALCUL INFINITÉSIMAL.

51. — On a vu plus haut par quelle étroite parenté sont unies les idées qui servent de point de départ à la syllogistique, et celles sur lesquelles se fonde la théorie des nombres et des quantités; on vient de voir comment l'esprit humain est conduit à une logique supérieure qui atteint la raison des choses et distingue l'essentiel de l'accidentel : il faut bien, en vertu de la même affinité primordiale, qu'à cette logique supérieure corresponde aussi un étage supérieur dans le système des théories mathématiques; et c'est précisément cet étage supérieur que les travaux des modernes ont concouru depuis deux siècles à édifier.

Le mouvement fournit l'exemple le plus simple et l'image la plus sensible de l'idée de *variation* ou de changement en général. Dans le langage subtil de la dialectique grecque, que quelques écoles modernes ont plus ou moins imité, les termes de mouvement, de moteur, sont pris le plus souvent dans un sens abstrait, pour désigner un changement quelconque ou le principe du changement. Il suit de là, pour le remarquer en passant, que l'esprit humain doit constamment tendre à expliquer tout changement par le mouvement, et à supposer des mouvements qui se

dérobent à notre perception, partout où nos sens nous apprennent qu'un changement s'est opéré.

Cela posé, nous concevons clairement que des mouvements peuvent être indépendants les uns des autres, ou liés au contraire les uns aux autres; et il en est généralement de même des changements d'état, quels qu'ils soient. Or, la liaison n'est pas toujours réciproque. Sur le cadran d'une montre, l'aiguille des minutes entraîne ou conduit l'aiguille des heures, sans que celle-ci conduise l'aiguille des minutes. En d'autres termes, le mouvement de l'aiguille des heures est *solidaire* de celui de l'aiguille des minutes, tandis que le mouvement de l'aiguille des minutes est *indépendant* de celui de l'aiguille des heures. Ces idées de solidarité et d'indépendance sont d'une continuelle application dans la philosophie mathématique, dans la philosophie naturelle et dans toute philosophie. Pour poursuivre notre exemple, dans d'autres parties de l'engrenage toutes les pièces sont solidaires quant à leurs mouvements; le mouvement de chaque pièce entraîne celui des pièces adjacentes, de manière à nous laisser ignorer celle qui conduit l'autre, si nous ne savons pas où gît la force motrice de tout l'appareil, et surtout si nous n'avons même pas l'idée de force motrice. Pourtant, comme nous ne tarderons pas à l'expliquer, et en vertu de principes déjà indiqués (6), cette absence de l'idée de force ou de cause motrice n'est pas nécessairement un obstacle à ce que l'esprit juge et décide de la pièce qui maîtrise l'autre, du mouvement qui est le principe ou la raison d'un autre mouvement.

52. — Observons maintenant que l'idée de mouve-

ment, qui conduit à l'idée d'un changement quelconque d'état, soumis à la loi de continuité, conduit plus particulièrement, dans l'ordre mathématique, à l'idée d'un changement continu de grandeur. Les géomètres appellent grandeurs *variables* les choses qui passent successivement par divers états de grandeurs, et ils donnent le nom de *fonction* à la variable dont les changements de grandeur sont entraînés par ceux d'une autre grandeur variable qui prend alors, au moins dans un sens relatif, la qualification de *variable indépendante*. Ainsi l'élasticité de la vapeur d'eau, dans un espace saturé de vapeur, est une fonction de la température de cette vapeur; la température d'une source artésienne est une fonction de la profondeur de la nappe qui l'alimente; et ainsi de suite.

En général il n'est pas permis d'intervertir les rôles entre les fonctions et les variables dont elles dépendent. Car si, par exemple, la tension *maximum* de la vapeur d'eau, dans un espace saturé, s'élève par suite de l'élévation de température, il serait déraisonnable d'admettre que, réciproquement, la température varie par suite de la variation de la tension de la vapeur. Cette tension joue donc nécessairement le rôle de fonction et non celui de variable indépendante. Au contraire, dans cet exemple, la température joue le rôle de variable indépendante par rapport à la tension de la vapeur, dont elle entraîne la variation, quoiqu'elle puisse et doive même être considérée comme une fonction subordonnée dans sa variation à celles d'autres grandeurs variables, dont nous n'avons point à nous occuper ici.

53. — A ce propos, nous compléterons ce que nous

avons dit dans le chapitre III des caractères de l'idée de temps, et d'abord nous devons parler de la mesure du temps. Déjà, à propos des principes de la théorie du mouvement, nous avons eu plusieurs fois l'occasion d'employer ces expressions : temps égaux, temps doubles, triples, etc. En effet, nous concevons clairement que la durée est en soi une grandeur mesurable, homogène, identique dans toutes ses parties comme l'étendue : de quelque manière que nous puissions parvenir à la mesurer effectivement. Que s'il s'agit de procéder à cette mesure effective, nous reconnaissons bien vite qu'il y a à cet égard, entre la durée et l'étendue, une différence capitale, correspondant à une différence non moins marquée dans la hiérarchie de nos facultés intellectuelles et dans l'ordonnance de nos connaissances scientifiques.

La mesure de la longueur ou de l'étendue linéaire, la mesure d'un angle ou d'un arc de cercle, s'opère par *superposition*, c'est-à-dire par le procédé de mesure le plus immédiat, le plus sensible, et en quelque sorte le plus grossier de tous. A ce procédé élémentaire de mesure, la construction géométrique et le calcul fondé sur une première intuition sensible rattachent, par une suite de définitions et d'identités, toutes les mesures que l'on peut prendre dans l'espace, aussi bien pour les recherches les plus délicates de la science que pour l'application aux besoins les plus vulgaires. Par exemple, on mesurera sur le terrain avec grand soin, en appliquant bout à bout des règles métalliques, en tenant compte des variations de température, en armant les yeux de loupes puissantes, une longueur de quelques milliers de mètres, et à

cette *base*, comme on l'appelle, ou rattachera des triangles dont les angles seront mesurés, au moyen d'un cercle répétiteur, avec une grande précision. De là et d'autres observations astronomiques on déduira successivement par le calcul la longueur d'un arc de méridien terrestre, la longueur du diamètre de la terre, les distances et les dimensions du soleil et des planètes; mais il aura toujours fallu mesurer directement, par superposition, une longueur et des angles.

Au contraire, la superposition est inapplicable à la mesure de la durée, et quand on dit que le temps se mesure par le mouvement, sans autre explication, on tombe dans un cercle vicieux : car, si le mouvement n'est pas uniforme, comment pourra-t-il servir à mesurer le temps? Et comment s'assurer qu'il est uniforme, ou que le mobile décrit des espaces égaux dans des temps égaux, si l'on n'a pas un autre moyen de mesurer le temps, pour comparer les temps aux espaces décrits? L'objection est la même, soit qu'on emploie une clepsydre, une horloge, ou que l'on consulte cette grande horloge construite par la Nature, et dont les astres sont les aiguilles indicatrices.

54. — C'est ici qu'intervient, pour le dénouement de la difficulté, la notion suprême de la *raison* des choses. Je ne sais pas suivant quelles lois s'écoulent le sable ou l'eau qui sortent de la clepsydre; je puis n'avoir aucune idée des causes physiques de cet écoulement, de la structure des grains de sable ou des gouttes d'eau; mais j'affirme que, si toutes les circonstances sont les mêmes, la clepsydre se videra toujours dans le même temps, parce qu'il n'y aurait aucune *raison* pour que l'accomplissement du même

phénomène exigeât, tantôt une portion de la durée, tantôt une autre. A la faveur de cette maîtresse idée, je suis (provisoirement au moins, et sauf à contrôler l'hypothèse qu'effectivement toutes les circonstances sont les mêmes, comme elles me le paraissent) en possession d'un étalon du temps : car je pourrai constater que tel autre phénomène s'accomplit pendant que ma clepsydre se vide une fois, deux fois, trois fois, et ainsi de suite. Je pourrai donc suivre un autre mobile dans son mouvement, et s'il arrive que des espaces égaux parcourus par le mobile correspondent à des temps égaux mesurés avec ma clepsydre, non seulement j'en conclurai que ce mobile est doué d'un mouvement uniforme, mais je m'en servirai pour contrôler l'hypothèse qu'il n'y a rien de changé dans les conditions de l'écoulement de la clepsydre; car, comment admettre que ce mobile, dont le mouvement n'a rien de commun avec le renversement de mon sablier, change de vitesse justement quand il le faut, et exactement dans les proportions qu'il faut, pour que les mêmes espaces parcourus par ce mobile correspondent toujours aux durées de l'écoulement du sable, supposées inégales? Ce contrôle pourra être tant de fois répété, dans tant de circonstances différentes, qu'il n'y aura plus moyen d'élever le moindre doute sur la justesse de mon étalon du temps.

On raisonnerait de même pour les battements du pendule dont la durée est généralement plus courte, pour les révolutions de l'aiguille de l'horloge dont la durée est généralement plus grande. Les astronomes font sans cesse des comparaisons et des raisonnements semblables; le soleil n'est pas exactement d'accord

avec les étoiles; ni les étoiles, ni le soleil ne sont exactement d'accord avec la pendule de l'Observatoire. Qui a tort et qui a raison, de la pendule, du soleil ou des étoiles? Où est le mouvement uniforme, et par suite l'étalon du temps? Ils ne tardent pas à s'apercevoir que, plus on met de soin à éviter ce qui pourrait mettre de l'irrégularité dans la construction de la pendule, et plus elle tend à se mettre d'accord avec les étoiles, tandis qu'on ne peut jamais la mettre d'accord avec le mouvement du soleil, et mille raisons du même genre, que nous ne saurions détailler ici, leur montrent que tout s'explique, que tout s'ordonne avec une régularité parfaite, dans la supposition de la parfaite uniformité du mouvement apparent des étoiles; qu'ainsi, lors même que l'on n'aurait aucune idée de la cause physique de ce mouvement, on est bien sûr d'avoir, dans la durée du jour sidéral, un excellent étalon du temps.

Donc, la mesure de la durée suppose la notion de la raison et de l'ordre des choses, elle requiert l'intervention de principes rationnels, parce que (20) l'idée du temps est dans une liaison plus immédiate avec le système des conceptions purement rationnelles; tandis que, l'idée de l'étendue nous étant donnée par les sens externes, la mesure directe de l'étendue tombe immédiatement sous les sens, et que la mesure de l'étendue, même indirecte, n'exige que des constructions, des raisonnements, des calculs fondés sur le principe d'identité et sur une assise inférieure de la logique qui n'est pas celle à laquelle nous devons emprunter les principes propres à nous guider dans la détermination d'une mesure du temps.

55. — Le temps, tel que nous le concevons, s'écoule uniformément et indépendamment de tous les phénomènes qui s'accomplissent dans le temps. Quand nous parcourons une route, l'espace décrit à partir d'un certain point et d'un certain instant est une grandeur qui ne croît pas nécessairement d'une manière uniforme, tandis que le temps écoulé depuis le même instant est une grandeur qui, par son essence, croît toujours uniformément. De là l'idée qu'a eue Newton de comparer le changement, ou, pour employer son langage, l'écoulement (*fluxio*) de toutes les grandeurs à l'écoulement du temps, et de considérer toutes les grandeurs variables comme des fonctions du temps. Ce n'est point là, comme des esprits éminents l'ont pensé, une comparaison artificielle et arbitraire; elle tient au contraire à l'essence des choses, autant qu'il nous est possible d'en juger.

A cette idée se rattache celle de comparer entre elles les *vitesses* avec lesquelles s'opèrent les changements d'état de toutes les grandeurs variables, et notamment les vitesses avec lesquelles varient les fonctions, quand on suppose que les variables dont elles dépendent varient uniformément, comme le temps. Dans l'application aux phénomènes du mouvement, le mot de *vitesse* conserve son acception primitive, qui est aussi la plus usitée, quoique son acception extensive, dans l'application à d'autres phénomènes, s'offre si naturellement à l'esprit, qu'elle se retrouve dans le langage le plus familier. On dit d'une étoffe qu'elle s'use vite, et d'une autre qu'elle s'use lentement. Pour prendre un exemple moins vulgaire, on conçoit que, lorsqu'un corps échauffé se refroidit, la température

de la surface est une grandeur qui varie avec le temps, et qui même, en général, ne doit pas varier uniformément, le refroidissement étant d'abord plus rapide, et allant ensuite en se ralentissant, de manière que des pertes égales de température ne correspondent pas à des temps égaux. On se fait de la vitesse variable du refroidissement une idée aussi directe et aussi claire que de la vitesse variable d'un mobile.

Cette vitesse de refroidissement, tout comme celle du mobile (34), peut varier sans cesse d'une manière continue. Elle sera, par exemple, de cent degrés dans une heure; mais elle aura pu être de dix degrés dans la première minute, et n'être plus que d'une très petite fraction de degré dans la soixantième minute qui termine l'heure. Pour définir cette vitesse en chaque instant précis, il faudra fractionner le temps, à partir de cet instant, en intervalles de plus en plus petits, comme nous l'avons expliqué ci-dessus; et la limite dont s'approche de plus en plus le rapport entre la perte de température et l'intervalle de temps, à mesure que l'on resserre cet intervalle, est l'expression rigoureuse de la vitesse du refroidissement à l'instant que l'on considère.

56. — Les géomètres ont une autre manière d'exprimer la même chose, en disant que la vitesse de refroidissement a pour mesure le rapport entre la perte de température et l'intervalle de temps, quand ces deux grandeurs deviennent *infiniment petites* (22). Or (et c'est là le point qui intéresse particulièrement la philosophie), on aurait tort de ne voir dans cette seconde manière de s'exprimer qu'une abréviation convenue, une forme de langage, apparemment plus commode

puisqu'elle est plus usitée. Elle n'est effectivement plus commode que parce qu'elle est l'expression naturelle du mode de génération ou d'extinction des grandeurs qui croissent ou décroissent par éléments plus petits que toute grandeur finie. Ainsi, quand un corps se refroidit, le rapport entre les variations élémentaires de la chaleur et du temps est la vraie raison du rapport qui s'établit entre les variations de ces mêmes grandeurs quand elles ont acquis des valeurs finies. Ce dernier rapport, il est vrai, est le seul qui puisse tomber directement sous notre observation, et lorsque nous définissons le premier par le second en faisant intervenir la notion de limite, nous nous conformons aux conditions de notre logique humaine: mais, une fois en possession de l'idée du premier rapport, nous nous conformons à la nature des choses en en faisant le principe d'explication de la valeur que l'observation assigne au second rapport. C'est pour cette raison que la notation des quantités infinitésimales, imaginée par Leibnitz, constitue une invention capitale qui a si prodigieusement accru la puissance de l'instrument mathématique et le champ de ses applications à la philosophie naturelle [1].

---

[1] On peut voir sur ce sujet notre *Traité élémentaire de la théorie des fonctions et du calcul infinitésimal*, particulièrement les chapitres III et IV du livre I.

CHAPITRE VII.

DES IDÉES DE HASARD ET DE PROBABILITÉ, ET DE LEURS APPLICATIONS LOGIQUES ET MATHÉMATIQUES. — DE L'ARRANGEMENT SYNOPTIQUE DES IDÉES QUI TIENNENT A L'ORDRE ET A LA FORME.

57. — Nous avons déjà eu l'occasion (36) de poser la distinction entre les mouvements *absolus* et les mouvements *relatifs*. Comme il n'y a pas de points de *repère* de la fixité desquels nous puissions être sûrs, il est vrai de dire que tous les mouvements que nous qualifions d'absolus ne le sont que par comparaison. D'ailleurs, il en est de la distinction entre les mouvements *apparents* et les mouvements *réels* comme de la distinction entre les mouvements relatifs et les mouvements absolus, soit que la différence entre l'apparence et la réalité tienne au mouvement dont l'observateur est lui-même animé (exemple, la rotation diurne de la voûte céleste), soit qu'elle tienne au mode de perception du mouvement par l'observateur, comme lorsqu'un point lumineux qui décrit effectivement un cercle dans l'espace, nous semble décrire la courbe ovale que l'on nomme ellipse, parce que nous ne voyons le cercle que dans une sorte de perspective ou de projection, sans pouvoir immédiatement juger de la distance du point lumineux à notre œil.

Le premier problème qui se présente en philosophie naturelle consiste à démêler les mouvements relatifs ou apparents, et ceux que (par comparaison

du moins) nous pouvons qualifier d'absolus ou de réels, et à choisir convenablement, d'après les suggestions du bon sens et les décisions de la raison, entre toutes les hypothèses que l'on peut faire sur les mouvements réels ou absolus qui produisent les mouvements apparents ou relatifs que l'on observe. C'est ici qu'intervient nécessairement (comme nous l'avons abondamment prouvé dans d'autres ouvrages) l'idée de la simplicité des lois, et par conséquent l'idée même de loi, si naturellement connexe (41) à l'idée de mouvement.

Par exemple, notre intelligence est frappée de la simplicité avec laquelle les lois des mouvements réels des corps célestes, telles que Copernic les pose, expliquent les apparences de la station et de la rétrogradation des planètes, et elle n'hésite pas à préférer ces lois si simples aux lois si compliquées données par l'auteur de l'Almageste. Imaginons encore que l'on observe simultanément le mouvement d'un corps opaque qui décrit uniformément un cercle parfait, et le mouvement de l'ombre qu'il projette sur un corps voisin, à surface irrégulière : aurait-on besoin de palper le corps et l'ombre pour s'assurer que c'est bien le mouvement du corps qui entraîne celui de l'ombre (51), et non le mouvement de l'ombre qui entraîne celui du corps? Ne suffirait-il pas, au contraire, de considérer combien la loi du premier mouvement paraît simple, combien l'autre mouvement est compliqué (eu égard à la forme de la courbe et à la vitesse variable avec laquelle les différentes portions de cette courbe sont décrites), et de songer combien il est peu naturel de chercher dans un phénomène si compliqué

la raison d'une loi que signale une simplicité si grande?

C'est, en effet, un principe de la raison humaine sans lequel aucune critique, et par suite presque aucune science ne serait possible, que de chercher dans le simple l'explication ou la raison du compliqué. Voilà tel système d'apparences que l'on peut expliquer par telle hypothèse très simple sur les mouvements réels, si simple que nous n'hésitons pas à l'admettre. Pourquoi cela? C'est que le mouvement réel, quel qu'il soit, est certainement le principe ou la raison des apparences observées, et que nous concevons très bien que la simplicité soit le caractère essentiel des principes des choses, ou des choses les plus rapprochées de leurs premiers principes, tandis que, si l'hypothèse est fausse, si le principe des apparences observées doit se chercher ailleurs, c'est donc accidentellement, sans raison tirée de l'essence de la chose, ou en d'autres termes *par hasard*, que s'offre à notre pensée une combinaison ayant ce caractère de simplicité remarquable, et qui par là simule un principe. Nous rejetons cette seconde alternative comme n'étant pas probable, et elle peut être en effet si improbable que nulle personne sensée n'hésitera à la rejeter avec nous (6).

58. — Une fois en possession de ce principe de distinction entre les mouvements absolus et les mouvements relatifs, entre les mouvements réels et les mouvements apparents, l'esprit humain a la clef de toute critique philosophique, car une pareille distinction est le schème ou l'exemple frappant sur lequel nous sommes fondés à modeler l'idée que nous devons

nous faire de la distinction entre l'apparence et la réalité, entre le relatif et l'absolu en toutes choses. Les principes de distinction, d'analyse et de jugement sont exactement les mêmes. Nous concevons un espace absolu ; mais dans cet espace nous manquons de points de repère absolument fixes, ou de la fixité desquels nous soyons absolument sûrs, et par conséquent nous ne pouvons affirmer d'aucun mouvement qu'il est absolu, quoique, par rapport au système des points de repère, nous distinguions très bien des mouvements absolus d'avec des mouvements relatifs. De même, nous concevons une réalité absolue, mais il ne nous est pas donné d'y atteindre, ou pour le moins nous ne sommes pas autorisés à affirmer que nous y atteignions jamais. Toutefois nous pouvons pénétrer de plus en plus dans le fond de réalité des phénomènes, en le dégageant de plus en plus de ce qui tient uniquement à notre manière de les percevoir, et en opposant le *phénomène*, ou la *réalité relative*, à la simple *apparence*, qui prend le nom d'*illusion*, quand nous lui attribuons à tort une réalité qu'elle n'a pas [1].

59. — Toutes ces idées que nous venons de rappeler, à savoir les idées de raison et de loi, d'essence et d'accident, de simplicité et de complexité, ne sont encore que les idées d'ordre, de combinaison et de forme, présentées sous divers aspects, ou, si l'on trouve plus commode de les distinguer, il faut dire qu'elles appartiennent au même groupe et s'attirent l'une l'autre. Mais nous avons en outre employé les termes de *hasard* et de jugement probable ou de *pro-*

[1] *Essai.....*, chap. I, *passim*.

babilité; ce sont ceux-ci dont il s'agit maintenant d'éclaircir et de préciser la signification.

Supposons que je veuille déterminer le poids d'une pierre qui me tombe sous la main, et que je n'aie d'abord à ma disposition que des kilogrammes. Tout ce que je pourrai faire, ce sera de constater avec la balance que le poids de la pierre est compris entre trois kilogrammes et quatre kilogrammes; j'écrirai quelque part le chiffre 3 pour me rappeler qu'il entre dans le poids de la pierre 3 kilogrammes, plus une portion de kilogramme.

Je me procure des hectogrammes, et je suis en état de déterminer de même combien il entre d'hectogrammes dans la portion de kilogramme dont il s'agit: j'obtiendrai ainsi un chiffre 3, que j'écrirai à la droite du chiffre 3 trouvé d'abord. Mais, sans avoir besoin de faire cette nouvelle pesée, je suis bien certain à l'avance qu'il n'existe aucune liaison nécessaire entre le chiffre déjà trouvé et celui que je vais obtenir, car, quelle liaison peut-il y avoir entre les causes qui ont donné à ce fragment de roche le poids qu'il a au moment où je le pèse, et les raisons qui ont suggéré au législateur français l'idée de prendre le kilogramme pour unité de poids, et de le subdiviser suivant la progression décimale? Je ne m'attendrai donc pas à trouver pour le chiffre des hectogrammes tel des dix chiffres de notre numération décimale plutôt que tel autre. Si j'obtiens une seconde fois le chiffre 3, ce qui semblera donner à la combinaison plus de singularité, la rencontre n'en sera pas moins accidentelle et fortuite; elle arrivera, comme on dit, *par hasard*, d'où cette conséquence que l'idée de hasard est l'idée

d'une rencontre entre des faits rationnellement indépendants les uns des autres, rencontre qui n'est elle-même qu'un pur fait, auquel on ne peut assigner de loi ni de raison.

Après avoir déterminé le chiffre des hectogrammes, je pourrai déterminer de même le chiffre des décagrammes, et si je suis habile expérimentateur, si j'ai d'excellentes balances, je pourrai pousser ainsi jusqu'aux milligrammes, et je trouverai de la sorte une série de sept chiffres, où je ne dois m'attendre à rencontrer aucune régularité. Si quelque apparence de régularité se présente, c'est que les combinaisons régulières figurent comme les autres parmi les combinaisons possibles, et qu'elles doivent se présenter comme les autres [1], quoiqu'il y ait, je ne dis pas une *cause* (qu'on le remarque bien), mais une *raison* pour qu'elles se présentent plus rarement, c'est qu'elles sont plus rares ou en moindre nombre.

Admettons que je trouve sept fois de suite le nombre 3 : ce sera le cas de la plus grande régularité possible; il n'y a que 10 combinaisons ou *chances* sur 604 800, ou une sur 60 480 qui offrent ce caractère de constance et de régularité poussée à l'extrême. C'est comme si j'amenais un caractère fixé à l'avance en prenant au hasard dans une urne qui renfermerait 60 480 caractères différents (à peu près, nous dit-on, le nombre des caractères de l'écriture chinoise). Je trouverai donc le cas fort singulier, mais je ne l'en réputerai pas moins fortuit, parce que, encore une fois, ma

[1] « Ἔστι δὲ τοῦτο εἰκός, ὥσπερ Ἀγάθων λέγει· εἰκὸς γὰρ γίνεσθαι πολλὰ καὶ παρὰ τὸ εἰκός. » (Aristot. *Poet.* cap. XVIII.)

raison conçoit très bien qu'il n'y a rien de commun entre le poids de cette pierre brute et la fixation légale de l'étalou des poids, ainsi que de l'échelle de subdivision.

60. — Que s'il s'agissait, non plus de la pierre brute contre laquelle mon pied s'est heurté, mais d'un certain volume de mercure coutenu dans un vase qui me tombe sous la main, je tirerais de la singularité observée une conclusiou toute autre. L'arithmétique m'apprendrait que la fraction $\frac{1}{3}$, quand on la convertit en décimales (41), donne la fraction décimale périodique

0,3333333.....;

j'en conclurais que j'ai affaire au tiers de dix kilogrammes de mercure, et qu'apparemment un physicien, après avoir pesé avec beaucoup de soin dix kilogrammes de mercure, en a fait trois parts égales, en vue de quelques expériences comparatives, et que je suis tombé sur une des parts mises en réserve. J'aperçois ainsi une liaison possible, probable, entre l'unité légale des poids et le poids que j'ai à déterminer, et je n'hésite pas à préférer cette explicatiou rationnelle, quoique non catégoriquement démontrée, à l'explication par cas fortuit ou par hasard.

La lune met à tourner autour de son axe le même temps qu'elle emploie à circuler autour de la terre (39); cette coïncidence frappe les astronomes, et comme leur raison se refuse à la réputer fortuite, ils en concluent que ces deux mouvements de notre satellite ne sont pas des phénomènes indépendants l'un de l'autre. Les géomètres, enfin, parviennent à assigner,

non pas la cause physique (laquelle, remarquons-le soigneusement, nous est encore absolument inconnue), mais la raison mathématique de cette dépendance et de cette coïncidence.

Au contraire, le mouvement de rotation de la terre autour de son axe, son mouvement de circulation autour du soleil sont deux phénomènes indépendants l'un de l'autre; et aussi arrive-t-il que lorsqu'on veut évaluer la durée de l'année solaire en prenant pour unité la durée du jour sidéral, on tombe sur une fraction qui ne peut jamais être qu'approchée, et dont les chiffres se succèdent sans offrir de trace de régularité. C'est comme lorsque je veux évaluer en kilogrammes et en fractions décimales de kilogramme le poids de l'éclat de roche que je rencontre sur mon chemin.

61. — Dans l'un et l'autre cas, de même que toutes les fois qu'il s'agit de mesures à prendre, l'imperfection de nos sens et de nos instruments pose nécessairement une limite à l'approximation que nous pouvons atteindre, et réduit même à un fort petit nombre, par exemple à six ou à sept, celui des chiffres décimaux successivement obtenus. Il en résulte que nous pouvons à la rigueur être déçus par les apparences de régularité, même les plus grandes, faute d'être à même de prolonger la série autant qu'il le faudrait pour amener la disparition d'une régularité apparente et purement fortuite. Il est beaucoup question dans la haute arithmétique d'un nombre que l'on appelle *la base des logarithmes naturels* ou *népériens*, et dont l'évaluation en décimales donne lieu à la série

2,7182818284.......

Si l'on n'avait calculé que les neuf premiers chiffres de la partie décimale, le retour accidentel de quatre chiffres dans le même ordre aurait porté à croire que l'on a affaire à une fraction décimale périodique, conclusion démontrée fausse par la théorie, et qui se trouve renversée par le fait, pourvu seulement que l'on calcule un chiffre de plus. On peut faire tant de rapprochements différents entre des chiffres, même en petit nombre, qu'on finit presque toujours par découvrir quelque rapprochement singulier et purement accidentel, qui devient le fondement de ce qu'on nomme une règle mnémonique. Ainsi, pour retenir les nombres 355 et 113, dont le rapport a été indiqué par *Metius* comme représentant, avec une approximation très grande, celui de la circonférence d'un cercle à son diamètre, on écrit ces deux nombres bout à bout, en commençant par le plus petit,

113,355,

et la règle mnémonique consiste en ce que cette courte série de six chiffres se compose des trois premiers nombres impairs, écrits dans leur ordre de grandeur, et répétés chacun deux fois. C'est un de ces purs hasards, auxquels s'applique la remarque d'Aristote ou d'Agathon transcrite plus haut. Pour faire évanouir toutes les fausses inductions qu'on pourrait tirer de rencontres de ce genre, et découvrir les lois véritables qui régissent, même le hasard, il faut considérer une série dont tous les termes soient rigoureusement déterminés, et qui n'ait d'autres limites que celles qu'y apporte la lassitude du calculateur. Déjà nous avons considéré au n° 41 une série de ce genre,

celle précisément qui donne en fractions décimales le rapport de la circonférence d'un cercle à son diamètre :

3,14159265358979323846264338327950......

Voilà 32 chiffres décimaux consécutifs; on en a calculé des centaines; on pourrait se passer la fantaisie d'en calculer des milliers; et chaque chiffre de la série, si reculé qu'en soit le rang, doit être conçu comme ayant actuellement, comme ayant eu de tout temps une valeur rigoureusement déterminée, quoique nous ne la connaissions pas et que nous n'ayons même aucun intérêt à la connaître. Mais, soit qu'il s'agisse de chiffres connus ou inconnus, nous sommes sûrs de pouvoir étudier et appliquer sur ce modèle tous les caractères qui tiennent à la nature du hasard ou de la succession fortuite.

Par exemple, nous trouvons que dans la série des 32 chiffres décimaux il y a

un chiffre (le zéro), qui ne paraît qu'*une fois;*
deux chiffres (1 et 7) qui figurent. . *deux fois;*
trois chiffres (4, 6 et 8) qui figurent. *trois fois;*
deux chiffres (2 et 9) qui figurent. . *quatre fois;*
un chiffre (le 3), qui figure. . . . . *six fois.*

Tous ces résultats sont fortuits, irréguliers, et pourtant il y perce déjà un germe de régularité : car, si tous les chiffres qui ont même chance d'apparition apparaissaient effectivement avec la même fréquence, chaque chiffre apparaîtrait une fois sur dix, ou trois fois sur trente, et nous observons effectivement qu'il y a plus de chiffres qui figurent trois fois que de chiffres qui figurent deux ou quatre fois, et plus en-

core qu'il n'y en a qui figurent moins de deux fois ou plus de quatre fois. Si la série était prolongée beaucoup plus loin, les résultats seraient bien plus nets. Les différences entre les nombres d'apparition, d'un chiffre à l'autre, auraient sans doute des valeurs absolues beaucoup plus grandes que celles ci-dessus, mais leurs valeurs relatives au nombre total des apparitions iraient en diminuant indéfiniment, et il viendrait un moment où le nombre des apparitions de chaque chiffre serait sensiblement la dixième partie du nombre total des chiffres calculés.

Il y a autant de chiffres impairs que de chiffres pairs (le zéro étant compris dans les chiffres pairs, eu égard à son rang), tandis que nous trouvons sur notre exemple qu'il y a dix-huit apparitions de chiffres impairs (deux de plus que la moitié), et seulement quatorze apparitions de chiffres pairs (deux de moins que la moitié. Mais, si l'on opérait successivement sur des centaines, des milliers, des myriades de chiffres dans la série suffisamment prolongée, on trouverait que le rapport du nombre des chiffres pairs au nombre total des chiffres calculés approche de plus en plus d'être égal à la fraction $\frac{1}{2}$, et n'en diffère en fin de compte que par des fractions d'une extrême petitesse.

La somme des dix chiffres de notre numération décimale vaut 45, et la moyenne quatre et demi. Si donc les dix chiffres étaient répartis dans la série en proportions égales, ou seulement si les irrégularités de même sens portaient aussi fréquemment sur les chiffres forts que sur les chiffres faibles, la moyenne des valeurs de tous les chiffres de la série serait encore quatre et demi. Nos 32 chiffres nous donnent pour

moyenne quatre trois quarts, ce qui est un peu trop fort; mais la différence irait en s'atténuant indéfiniment quand on embrasserait de très grands nombres, ainsi qu'on vient de l'expliquer.

62. — Nous venons de prendre un exemple dans le monde des choses intelligibles, dans l'ordre des faits purement mathématiques, et partant nécessaires, pour que l'on reconnût mieux que ces raisons mathématiques, qui introduisent l'ordre dans le désordre même, et qui sont l'objet de la théorie mathématique des chances et des probabilités, n'impliquent pas la notion de cause physique, ne s'appliquent pas uniquement aux faits que nous réputons aléatoires ou contingents, ne sont pas, comme on l'a dit, relatives à notre condition humaine, mélangée de science et d'ignorance, et subsisteraient encore aux yeux d'une intelligence supérieure qui lirait dans l'enchaînement des causes et des effets les plus compliqués, comme nous lisons dans les formules mathématiques que nous avons construites ou découvertes par nos propres forces[1].

Lorsque nous tirons dans une urne des billets de loterie dont chacun porte un numéro, l'extraction de chaque billet est déterminée par des causes physiques, comme l'avénement successif de chaque chiffre du rapport de la circonférence au diamètre est déterminé par des formules et des raisons mathématiques. Nous

[1] Voyez, pour tout le développement des idées que nous ne pouvons indiquer ici que de la manière la plus succincte, notre *Exposition élémentaire de la théorie des chances et des probabilités*, et l'*Essai sur les Fondements de nos connaissances*, en particulier les chap. III et IV.

connaissons ces raisons mathématiques, et nous serions hors d'état d'assigner les causes physiques qui déterminent l'extraction de chaque billet; mais qu'importe? La succession n'en a pas moins, dans l'un et l'autre cas, tous les caractères de la succession fortuite. Elle conserverait les mêmes caractères pour une intelligence capable d'assigner les causes physiques qui nous échappent et de prévoir les faits particuliers qui se dérobent à nos prévisions. Et les caractères de la succession fortuite tiendraient, pour cette intelligence supérieure aussi bien que pour nous, à ce qu'il n'y a nulle solidarité, nulle dépendance rationnelle, d'une part entre l'échelle de la numération décimale et la grandeur qu'il s'agit de mesurer, d'autre part entre les causes physiques qui déterminent l'extraction d'un billet et le numéro inscrit à l'avance sur ce billet.

63. — De là l'importance de la branche de la syntactique que l'on connaît sous le nom de *calcul des probabilités*. Les applications de ce calcul n'ont pas seulement, ni même principalement pour objet des jeux frivoles, comme beaucoup de gens le croient encore, parce qu'en effet c'est à l'occasion de jeux frivoles qu'on en a d'abord articulé les premiers principes; elles se présentent sans cesse à propos de la succession des phénomènes naturels et du cours des événements, où il faut faire la part des influences régulières et constantes et des irrégularités fortuites, tenant au concours d'influences diverses, indépendantes les unes des autres. Or, lorsqu'il s'agit, non plus de jeux conventionnels, mais du cours des événements naturels, où mille circonstances, mille influences diverses, indépendantes les unes des autres,

se combinent sans cesse entre elles, d'une multitude de manières différentes, on se trouve précisément dans les conditions de répétition indéfinie dont nous parlions tout à l'heure à propos du prolongement indéfini que notre série comportait. Certains résultats généraux et moyens ne tardent pas à se manifester à travers les écarts fortuits qui se compensent les uns les autres, par la seule puissance des nombres et les lois mathématiques des combinaisons. On arrive ainsi à déterminer à très peu près, par l'observation même, le nombre qui mesure la *probabilité mathématique*, ou la *possibilité*, ou mieux encore la *facilité* de chaque événement à la production duquel le hasard a part, probabilité qui n'est autre chose que le rapport du nombre des chances ou des combinaisons qui doivent l'amener, au nombre total des chances ou des combinaisons possibles; et qui se réfère, non à un point de vue de notre esprit, à l'étendue ou à la restriction de nos connaissances, mais au fond des choses et à la nature de leurs rapports, indépendamment de la connaissance que nous en avons.

64. — Enfin, à côté de la notion de la probabilité mathématique qui s'évalue en nombre et se détermine empiriquement à l'aide de relevés numériques, tels que ceux dont les recueils de statistique sont remplis, il y a, par suite de l'alliance constante entre les principes mathématiques et les principes logiques ou purement rationnels, alliance que nous nous attachons surtout à mettre en relief, une autre probabilité que les chiffres n'expriment pas, et qui pourtant intervient dans la plupart des jugements que nous portons. Cette probabilité que nous qualifions de *philosophique*, et

qui, dans certaines applications particulières, prend les noms d'*analogie* et d'*induction*, tient à la fois à la notion du hasard et au sentiment de l'ordre et de la simplicité des lois qui l'expriment (57). Mais, d'autre part, la probabilité philosophique diffère essentiellement de la probabilité mathématique, en ce qu'elle n'est pas réductible en nombres, non point à cause de l'imperfection actuelle de nos connaissances dans la science des nombres, mais en soi et par sa nature propre. Il n'y a lieu, ni de nombrer les lois possibles, ni de les échelonner comme des grandeurs, par rapport à cette propriété de forme qui constitue leur degré de simplicité, et qui donne, dans des degrés divers, à nos conceptions théoriques l'unité, la symétrie, l'élégance et la beauté. Autant vaudrait demander combien il y a de formes simples que les corps puissent revêtir, et si la forme d'un cylindre est plus simple ou moins simple que celle d'un cube ou d'une sphère.

65. — En général, une théorie scientifique quelconque, imaginée pour relier un certain nombre de faits donnés par l'observation, peut être assimilée à la courbe que l'on trace d'après une loi géométrique, en s'imposant la condition de la faire passer par un certain nombre de points donnés d'avance. Le jugement que la raison porte sur la valeur intrinsèque de cette théorie est un jugement probable, une induction dont la probabilité tient d'une part à la simplicité de la formule théorique, d'autre part au nombre des faits ou des groupes de faits qu'elle relie, le même groupe devant comprendre tous les faits qui s'expliquent déjà les uns par les autres, indépendamment de l'hypothèse

théorique. S'il faut compliquer la formule, à mesure que de nouveaux faits se révèlent à l'observation, elle devient de moins en moins probable en tant que loi de la Nature : ce n'est bientôt plus qu'un échaffaudage artificiel qui croule enfin lorsque, par un surcroît de complication, elle perd même l'utilité d'un système artificiel, celle d'aider le travail de la pensée et de diriger les recherches. Si au contraire les faits acquis à l'observation postérieurement à la construction de l'hypothèse sont reliés par elle aussi bien que les faits qui ont servi à la construire, si surtout des faits prévus comme conséquences de l'hypothèse reçoivent des observations postérieures une confirmation éclatante, la probabilité de l'hypothèse peut aller jusqu'à ne laisser aucune place au doute dans un esprit éclairé.

66. — Cet accord soutenu n'emporte cependant pas une démonstration formelle comme celles qui servent à établir les vérités géométriques, ou comme la preuve qui s'attache à ces syllogismes rebattus, dont retentissaient les écoles aristotéliciennes. Tandis que la certitude acquise par la voie de la démonstration logique est fixe et absolue, n'admettant pas de nuances ni de degrés, cet autre jugement de la raison, qui produit sous de certaines conditions une certitude ou une conviction inébranlable, dans d'autres cas ne mène qu'à des probabilités qui vont en s'affaiblissant par nuances indiscernables, et qui n'agissent pas de la même manière sur tous les esprits.

67. — Nous venons de passer rapidement en revue, dans ces premiers chapitres, tout un groupe ou toute une famille d'idées fondamentales, ayant entre elles des rapports intimes, s'appelant ou se suscitant les

unes les autres, possédant des caractères communs et intervenant de la même manière dans l'économie de tout le système de nos connaissances, mais pouvant aussi se suffire à elles-mêmes, et suffire à la construction de théories scientifiques dont les mathématiques nous offrent le type le plus parfait. Il ne sera pas inutile de montrer, par le tableau synoptique suivant, comment on peut résumer ou exprimer d'une manière concise les rapports dont il s'agit, tels qu'ils ressortent de toutes les explications qui précèdent.

L'ORDRE ET LA FORME.

ORDRE PUREMENT INTELLIGIBLE.		ORDRE PHÉNOMÉNAL.
SCIENCES LOGIQUES.	SCIENCES MATHÉMATIQUES.	
Idées de genre et d'espèce. Classification. (Syllogistique.) Combinaison (Syntactique.)	Idées de nombre, de rapport, de grandeur et de quantité, de mesure. (Théorie des nombres. — Arithmétique proprement dite. — Analyse algébrique, ou théorie des quantités en général.)	Idées de temps et d'espace. (Géométrie pure.) (Cinématique, ou théorie géométrique des mouvements.)
Idées de la raison des choses, de la loi et de l'enchaînement rationnel, de l'essentiel et de l'accidentel. (Logique supérieure.) Classification rationnelle. Idée de type.	Idées de la variation des grandeurs, des variables indépendantes et des fonctions qui en dépendent. (Théorie des fonctions, analyse infinitésimale.)	Mesure du temps. (Applications de la théorie des fonctions et de l'analyse infinitésimale à la géométrie et à la cinématique.)
Idée de hasard ou de combinaison fortuite. Probabilité philosophique, critique, analogie, induction.	Idée de chance. Probabilité mathématique. (Calcul des probabilités.)	Applications à la distinction des mouvements absolus et relatifs, réels et apparents.

Cette table est de celles que l'on appelle *à double entrée*[1] : elle exprime au moyen d'une double disposition, par étages ou tranches horizontales et par colonnes verticales, des rapports dont on ne pourrait pas avoir aussi commodément l'intuition, par une disposition en *série linéaire*, ou *à simple entrée*.

La distinction en trois étages séparés par des lignes ponctuées et non pleines, afin d'indiquer que l'on n'exclut pas la transition insensible d'un étage à l'autre, est suffisamment justifiée par tout ce qui précède, et par la division même de notre texte en chapitres qui y correspondent.

La disposition des têtes de colonnes a pour but de marquer ce qu'il y a de singulier dans les relations de la colonne médiane avec les deux colonnes latérales. Car, d'une part l'arithmétique et la géométrie, les sciences de calcul et celles qui ont pour objet la contemplation des formes de l'étendue, composent un groupe trop naturel pour qu'on ne les ait pas de tout temps associées sous le nom collectif de *mathématiques*. D'autre part, l'embranchement des mathématiques, dont les idées de nombre et de rapport numérique sont la souche, et qui constitue la partie purement abstraite et intelligible des sciences mathématiques, a des connexions non moins naturelles avec la logique pure, en tant que celle-ci se rattache aux idées-mères de classification et de combinaison. Cet ordre purement intelligible, où nous voyons les idées logiques et mathématiques en corrélation soutenue, d'un bout de la série à l'autre, contraste évidemment

[1] *Essai.....*, chap. XVI *et* XXII.

avec toute la partie des spéculations mathématiques qui se fonde sur l'intuition des formes de l'espace et du temps, conditions sensibles de la manifestation de tous les phénomènes. Quant au degré d'abstraction et de généralité, ce second embranchement des mathématiques est subordonné au premier, comme il l'est aux idées générales de la logique; et d'un autre côté, la contemplation des formes de l'espace et du temps nous est nécessaire, par notre constitution psychologique, pour peindre à l'imagination aussi bien les idées générales de la logique, que celles qui se réfèrent à la science des nombres et des grandeurs abstraites.

68. — Malgré la sobriété de nos développements, nous croyons avoir mis dans le plus grand jour les raisons essentielles de toutes ces connexions, d'une si grande importance pour qui veut se rendre compte de l'économie de nos idées et de l'ordre de nos connaissances. Nous irons jusqu'à dire que ces raisons n'avaient pas encore été expliquées comme elles doivent l'être, sondées comme elles méritent de l'être. Leibnitz lui-même, le grand Leibnitz, cet aigle de la philosophie, ce géomètre créateur, a méconnu le vrai principe de l'intime alliance des mathématiques et de la philosophie, quand il a avancé que les unes relèvent du principe d'*identité* et l'autre du principe de la raison des choses, ou, pour parler sa langue, du principe *de la raison suffisante*. L'un et l'autre principe trouvent leur application en mathématiques comme en philosophie[1], et ni la raison des différences, ni celle des analogies ne sont là. Elles se trouvent à la

[1] *Essai*....., chap. II, *in fine*.

racine même des deux ordres d'idées, dans deux idées premières, intimement connexes, ou plutôt qui ne sont que deux faces de la même idée (8). Il en est de même au commencement de toute génération, de tout développement organique; et ainsi se justifie la pensée que nous avons prise pour devise d'un autre ouvrage[1] : *Sophiæ germana Mathesis*[2].

---

[1] *Traité élémentaire de la Théorie des fonctions et du calcul infinitésimal.*

[2] *Anti-Lucret.*, lib. IV, v. 1088.

CHAPITRE VIII.

DE CE QUE DEVIENDRAIENT LES SCIENCES ET LA PHILOSOPHIE, SI LES IDÉES AUXQUELLES ELLES SE RÉFÈRENT DANS LEURS EXPLICATIONS SE RÉDUISAIENT A CELLES DONT IL EST QUESTION DANS CE PREMIER LIVRE.

69. — Nous avons tâché dans un précédent ouvrage[1] d'apprécier la valeur et le rôle de chaque sens en particulier, considéré comme une source de connaissance, et pour cela nous nous sommes, à l'exemple de beaucoup d'autres, permis la fiction (romanesque, si l'on veut) d'un être intellectuellement organisé comme nous le sommes, chez qui l'on abolirait d'abord tout le système de sens, pour les lui rendre ensuite partiellement et successivement. Mais, à la différence de nos devanciers, nous avons pensé que la meilleure manière de nous rendre compte de la portée de telles suppressions et de telles restitutions, était de considérer la connaissance humaine, plutôt à l'état de théorie scientifique qu'à l'état, rudimentaire en quelque sorte, où elle reste chez la plupart des hommes et dans les conditions de la vie commune. Et en effet, nous croyons être parvenu à mettre de cette manière en pleine évidence des faits qui ne sont pas indignes de l'attention des philosophes.

Ici nous voudrions procéder de même, en faisant

[1] *Essai*....., chap. VII.

porter l'analyse et l'artifice des suppressions et des restitutions, non plus sur les organes des sens, mais sur les idées ou les notions fondamentales à l'aide desquelles l'intelligence élabore et met en œuvre les produits des impressions sensibles. Pour le moment surtout il s'agit d'examiner ce que nos théories scientifiques et nos systèmes de philosophie deviendraient, si les idées qui leur servent de clefs ou de rubriques principales venaient à être partiellement abolies.

Or, quoique l'hypothèse d'une pareille abolition soit impossible à réaliser, le contrôle de l'expérience, dans une analyse de ce genre, ne nous fait pas absolument défaut, parce qu'il y a des théories scientifiques ou philosophiques qui évidemment ne dépendent pas de telle clef ou rubrique; et qui resteraient les mêmes s'il était possible que cette clef vînt à nous manquer.

70. — Et d'abord il résulte clairement de tout ce qui précède, qu'avec les seules idées dont il vient d'être question dans ce premier livre, quand même nous n'aurions aucune notion, ni de la résistance des corps, ni des autres attributs de la matérialité, ni des phénomènes de la vie, tels qu'ils se produisent en nous et en dehors de nous, ni de la moralité de nos actes, nous pourrions encore construire le système entier des mathématiques pures, exactement tel que nous sommes habitués à le concevoir : il n'y aurait pas le plus petit changement à faire en arithmétique, en algèbre, en géométrie, en cinématique, dans la théorie de la variation des grandeurs, dans celle des chances et des probabilités. Il n'y aurait pas plus de changements à apporter à la logique aristotélicienne

ou à la syllogistique. On abolirait dans notre esprit toute notion de la matérialité et des phénomènes de la vie, toute idée de cause et de substance, pourvu qu'on y conservât les idées de combinaison, d'ordre, de groupes, de classes, que l'on pourrait encore réédifier, en même temps que nos mathématiques pures, une théorie du syllogisme, identique à celle d'Aristote.

71. — Mais, au-dessus de cette logique formelle, sinon formaliste, il y en a une autre, celle dont nous avons consacré une bonne partie de notre vie à rechercher les principes et les conditions essentielles, et au moyen de laquelle nous nous rendons compte de la valeur des probabilités qui servent de fondement à nos analogies, à nos inductions, des raisons que nous avons de distinguer l'absolu et le relatif, par suite la réalité et l'apparence, ce qui tient à la nature des objets conçus et ce qui dépend de la constitution de l'intelligence qui les conçoit. Or, toute cette partie si importante de la spéculation philosophique n'exige, pas plus que la syllogistique, le concours d'idées autres que celles dont nous avons étudié jusqu'ici la généalogie. Nous pourrions n'avoir aucune notion de la matière et des forces motrices, de l'organisme et des forces vitales, de la cause et de la substance, et nous rendre compte de tout ce qui vient d'être indiqué, avec les seuls exemples que la géométrie et la théorie géométrique du mouvement nous suggèrent, avoir de même l'idée du vrai et du faux, des principes et des conséquences, de la liaison des choses et de l'enchaînement rationnel, de l'essence et de l'accident, du fait et de la loi. Nous nous formerions ainsi

une philosophie, qui, tout en s'appliquant au système de nos connaissances dans les mathématiques pures, aurait en soi une portée beaucoup plus générale : philosophie restreinte, en comparaison de celle qui depuis tant de siècles a occupé l'esprit humain ; car elle ne comprendrait ni ontologie, ni morale, ni théodicée ; mais aussi philosophie bien moins périlleuse, bien moins sujette aux illusions et aux vertiges, aux disputes de mots et aux contradictions.

72. — Dans l'hypothèse que nous discutons, cette intelligence qui serait certainement en pleine possession de l'idée du *vrai*, aurait-elle de même l'idée du *beau*, et une esthétique à mettre en regard des théories scientifiques et philosophiques dont elle aurait pu faire l'acquisition[1] ? Pourquoi la réponse ne serait-elle pas affirmative ? Le géomètre ne sent-il pas un mouvement admiratif excité par la contemplation de ce qu'il appelle avec fondement un beau théorème ? Ne qualifie-t-il pas d'élégantes les constructions, les formules qui mettent le mieux en lumière la symétrie des rapports, l'unité et la simplicité des principes, dans la diversité des conséquences et la complication des résultats ? Est-il besoin de rappeler le sentiment d'admiration de tout temps produit par la régularité et la majestueuse simplicité des mouvements des astres, toute abstraction faite de l'éclat et des autres qualités physiques par lesquelles quelques-uns d'entre eux frappent nos sens et notre imagination ? En ne retenant que des sciences telles que la géométrie et l'astronomie géométrique, notre richesse scientifique

[1] ARISTOTE, *Métaph.* XIII, 3.

serait assurément bien amoindrie, mais elle serait aussi en quelque sorte épurée, en ce sens que nous conserverions exclusivement les types les plus parfaits d'une construction scientifique : de même notre esthétique, beaucoup plus rétrécie dans son domaine, s'ennoblirait, pour ainsi dire, par la grandeur des idées et la sublimité des objets qui seuls nous suggéreraient la notion du beau.

Ceci nous indique déjà qu'il en est de cette notion comme de celle de l'unité (9) et de celle de l'infini (23). Elle appartient de même à une classe de notions ou d'idées que l'on retrouve diversement modifiées aux divers étages du système des connaissances humaines : de sorte qu'on n'en peut bien saisir la nature qu'en les suivant dans leurs applications progressives. On dirait des plantes qui tirent leurs sucs de l'arbre dans lequel elles projettent sans cesse, à mesure qu'elles s'élèvent, de nouvelles radicules, de manière à recueillir, à des hauteurs diverses, des sucs diversement élaborés.

Tout à l'heure nous parlions du sentiment du beau, suggéré par la contemplation des mouvements célestes : en redescendant sur la terre, et en passant des œuvres de la Nature à celles de l'homme, de la science et de la philosophie à l'art proprement dit, nous pouvons également observer ce que devient l'idée du beau, tandis que le champ de l'esthétique se rétrécit ou s'étend, suivant que nous perdons ou que nous acquérons d'autres idées fondamentales. Plaçons-nous en face des ruines imposantes d'un temple égyptien ou grec, et effaçons-en tout vestige de bas-reliefs ou de peinture : il restera des lignes dont les

proportions majestueuses, en accusant d'ailleurs partout l'unité du plan et la subordination des détails à l'ensemble, nous donneront l'idée du beau, mais d'un beau plus abstrait que celui qui commanderait notre admiration à la vue des morceaux de statuaire ou de peinture dont le temple était orné. La perception du beau, dans cette classe d'ouvrages d'art, suppose la connaissance des œuvres de la Nature vivante et animée, et les moyens de tirer d'une forme plastique l'expression d'une idée morale : l'architecte n'a qu'à mettre en œuvre les idées que la géométrie lui fournit, pour frapper nos yeux par un genre de beautés sévères que comporte ce monde abstrait et idéal.

73. — Tâchons d'entrer un peu plus avant dans l'analyse d'une esthétique ainsi simplifiée, et dès lors d'autant mieux accessible à l'analyse : aussi bien, puisque la géométrie est par excellence la science des formes, devient-il curieux de se rendre compte de ce que peut être la beauté d'une forme, réduite au trait géométrique. Or, il est clair en premier lieu qu'il serait puéril de comparer, du côté de la beauté, des formes qui ne sont pas de même *espèce*, la forme d'un cercle et celle d'un carré, la forme d'une ellipse et celle d'un rectangle: tandis que l'on pourra comparer l'ellipse au cercle et des ellipses entre elles, le rectangle au carré et des rectangles entre eux. Je remarque en second lieu que l'on s'accordera à ne pas regarder comme de belles formes l'ellipse trop voisine de ressembler à un cercle, le rectangle trop voisin de ressembler à un carré; ce dont on se rend aisément compte, en considérant qu'il faut que l'esprit saisisse, pour être satisfait, un *motif* d'orien-

tation, une raison apparente et tranchée de l'inégalité entre les deux côtés du rectangle, entre les deux axes de l'ellipse : autrement, pourquoi s'être écarté de la symétrie plus complète du carré et du cercle? Ni l'ellipse très allongée, ni le rectangle très allongé ne seront non plus considérés comme de belles formes, et on ne les emploiera (comme le rectangle très allongé pour la plate-bande d'un jardin) que lorsqu'il s'offrira une raison évidente pour les employer, mais sans aucune prétention à la beauté du tracé. Entre ces deux extrêmes, il y aura de tels rapports entre les côtés du rectangle, entre les axes de l'ellipse, qui donneront plus de beauté ou de grâce à la forme elliptique ou rectangulaire; et l'observation constatera qu'il en est de ces proportions auxquelles la beauté s'attache comme des rapports harmoniques des sons : pour les uns comme pour les autres, la simplicité des rapports mathématiques est le principe, la raison essentielle du sentiment du beau.

74. — Les besoins de nos arts physiques, la nature du but qu'ils poursuivent, des matériaux qu'ils emploient, fourniront le *motif* ou le type spécifique de la forme; et la raison de choisir entre les variantes de ce type, pour remplir les conditions du beau, sera en général une raison mathématique, abstraite, du genre de celles qu'on vient d'indiquer. Le fronton grec et le pignon gothique ont chacun leurs motifs architectoniques qui déterminent pour l'un le choix d'un triangle à sommet obtus, pour l'autre le choix d'un triangle à sommet aigu : mais, ces motifs admis et les types ainsi constitués, il y a des raisons purement esthétiques et idéales pour préférer dans chaque type

telle ouverture d'angle à telle autre. Un vase est destiné à contenir des liquides pesants; sa forme doit satisfaire à la condition de stabilité d'équilibre; il doit être muni d'anses qui en facilitent le transport : voilà le motif, l'ensemble des conditions physiques auxquelles on peut satisfaire de bien des manières, tantôt en ne produisant qu'un ustensile grossier, tantôt en excitant l'admiration de ceux qui ont le sentiment de la pureté et de la grâce des formes. Un système architectonique de percées, d'arcatures peut avoir pour motifs physiques de procurer l'accès d'un édifice, d'y faire arriver l'air et la lumière, de traverser une rivière, une vallée, et prendre selon les cas, les noms de portique, de pont, de viaduc : de là autant de types spécifiques qui pourront se diversifier encore selon les conditions économiques et la nature des obstacles à vaincre; l'artiste acceptera le motif, la donnée physique, et tirera de son génie le plus pur exemplaire du type imposé.

75. — Ces conditions ne s'appliquent pas seulement aux traits géométriquement déterminés. Voilà des points semés comme au hasard sur une feuille de papier et qu'il faut relier par un trait continu, par une ligne ondoyante : tel dessinateur tirera de ce *motif* un contour gracieux; tel autre y échouera par l'inexpérience de sa main ou parce qu'il n'a pas au même degré le sentiment de la continuité des formes et de la délicatesse des inflexions. Tel ruisseau a ses méandres plus gracieux que d'autres. L'habile dessinateur d'un parc choisit d'abord ses *motifs* physiques : un bel arbre, un pli de terrain, un quartier de roche, une maisonnette; après quoi le tracé du contour de

l'allée serpentante est une affaire de géométrie esthétique, non de cette géométrie qui emploie le compas et la règle, le niveau et le cordeau, mais de celle qui se rend compte de toutes les conditions de la continuité des formes.

76. — A l'idée du *vrai* et à celle du *beau*, les philosophes ont coutume d'associer l'idée du *bon* : mais il est clair que celle-ci suppose que nous sommes en possession des idées morales, ou tout au moins des idées qui tiennent à notre constitution organique et au mode physique de notre sensibilité. Nous n'avons point encore parlé des idées qui se rangent sous ces diverses catégories; et conséquemment il faut dire que la suppression de toutes idées autres que celles dont nous avons traité jusqu'ici, en laissant subsister les idées du vrai et du beau, aboliraient l'idée du bon, qui dès lors n'est pas comparable pour le degré de généralité et de persistance, à celles avec lesquelles on la range d'ordinaire.

77. — Une science de vieille date, telle que l'astronomie des anciens, nous offre un exemple frappant d'un corps de doctrine scientifique qui porte, non plus sur des conceptions abstraites, mais sur les phénomènes cosmiques, et qui pourtant ne se fonde, pour la coordination et l'explication des phénomènes, que sur les idées dont nous avons déjà traité. Selon la manière de voir qui prévalait dans l'antiquité, les astres ou les corps célestes n'auraient rien des propriétés des corps sublunaires : et en effet, jusqu'à ce que l'usage du télescope eût mis en évidence certaines analogies, on pouvait raisonnablement douter que ces objets sur lesquels nous n'avons de prise que par le

sens de la vue, ressemblassent par leurs propriétés fondamentales aux corps que nous touchons et que nous remuons. Ç'a été une heureuse hardiesse aux grands physiciens du dix-septième siècle que de le supposer, et que de faire de l'astronomie, par le succès de cette tentative, une branche de la mécanique et de la physique. Les anciens imaginaient certaines combinaisons de mouvements réels pour expliquer les apparences astronomiques; et en partant des combinaisons adoptées comme d'autant de définitions ou d'hypothèses, et des vitesses observées comme d'autant de données numériques, ils assignaient les positions des astres à un instant donné, l'époque d'une opposition, d'une quadrature ou d'une éclipse. L'idée-mère de la mécanique (à savoir celle de force motrice) était étrangère à cette théorie; les hypothèses des anciens astronomes (de ceux du moins pour qui l'astronomie était une science et non pas un rêve mythologique ou poétique) impliquaient bien l'idée de loi, mais non celle de force. Ainsi, l'astronomie des anciens, depuis Hipparque jusqu'à Copernic et à Tycho inclusivement, nous offre bien le type d'une théorie scientifique fondée sur des idées purement mathématiques et non physiques, et sur des idées rationnelles de la même famille, à savoir, sur la notion de la loi et de la raison des choses, comme sur le sentiment de la probabilité qui doit faire préférer telle hypothèse à telle autre pour rendre raison des apparences observées. Le passage de l'astronomie des anciens à l'astronomie moderne, par l'influence des idées de Kepler, de Galilée et de Newton, nous montre comment une science se transforme par l'emploi

d'une clef nouvelle dont l'esprit humain n'était pas en possession, ou dont il rejetait l'usage pour la science dont il s'agit.

78. — On en pourrait dire autant au sujet de la musique et de l'optique des anciens, qu'ils rangeaient parmi leurs mathématiques à côté de l'astronomie, et qui étaient effectivement pour eux des sciences mathématiques et non physiques. Encore aujourd'hui, l'on pourrait faire abstraction de ce que les découvertes modernes nous ont appris sur les causes physiques des phénomènes de son, de lumière, et traiter de la musique et de l'optique à la manière des Grecs, en ne fondant l'une que sur des lois arithmétiques et des rapports de nombres, l'autre que sur des lois géométriques. La conception de ces lois arithmétiques et géométriques serait très nette, lors même que nous ne posséderions pas les notions communes sur la matière et les forces, ou les notions scientifiques aujourd'hui admises sur la constitution moléculaire des corps et sur celle du milieu éthéré. En même temps il faut reconnaître que l'esprit pénétrant des Grecs avait de prime abord aperçu à peu près tout ce qui, dans nos sciences physiques modernes, pourrait être conçu et scientifiquement construit par les mathématiques seules, indépendamment des idées qui nous servent de clefs pour l'explication physique des phénomènes. Serait-il possible de traiter de l'électricité, de la chaleur, des combinaisons chimiques, si nous pénétrions dans les causes physiques de ces phénomènes aussi peu que Pythagore et Euclide pénétraient dans les causes physiques des consonnances et de la réflexion des rayons lumineux. Je ne vois guère à prendre dans les sciences d'origine mo-

derne, pour ajouter à la liste des Grecs, que la cristallographie, qui peut aussi être poussée fort loin à la manière de la musique et de l'optique anciennes, en ne se fondant que sur des caractères de forme, sur des définitions intelligibles par la géométrie seule, et qui permettraient de mettre à l'écart toute investigation sur les causes physiques des phénomènes de la cristallisation. Du reste, les Grecs eux-mêmes avaient déjà pressenti l'existence de cette théorie mathématique; les spéculations pythagoriciennes et platoniciennes sur les *corps réguliers* en contenaient le germe, et si les philosophes grecs se trompaient dans cette première tentative, faute d'observations suffisantes, on n'en admire pas moins la sagacité de ces hommes réputés divins de leur temps, qui devançaient de vingt et quelques siècles les découvertes de notre âge.

79. — En effaçant de l'esprit humain les idées sur lesquelles se fondent les explications physiques des phénomènes, ou la philosophie des causes et des substances, on fait aussi disparaître les questions d'*origine*, et toute la part qui revient à l'élément historique de nos connaissances, telle que nous avons cherché à la définir ailleurs [1]. Il est bien clair que des sciences purement abstraites, comme la géométrie ou la logique, ne réclament ni n'admettent aucune donnée historique. Même dans des sciences, telles que l'astronomie des anciens, qui, tout en ayant pour objet des phénomènes naturels, ne présupposent que la notion de loi, et non celle de force ou de cause motrice, ni la recherche de la constitution physique

[1] *Essai*....., chap. XX.

des éléments des corps, les questions d'origine ne doivent pas se présenter. Si les anciens en ont agité de semblables, même à propos des astres, ce n'était plus en qualité d'astronomes, mais en qualité de physiciens ou de théologiens. En tant qu'astronomes, ils étaient imbus de l'idée que tous les mouvements des astres sont essentiellement soumis à la loi de périodicité, idée que le retour périodique des saisons, des phases lunaires, des levers et des couchers héliaques des étoiles devait si naturellement suggérer à tous les esprits contemplatifs. Et comme les périodes astronomiques généralement connues, celles qui frappent le commun des hommes, ne ramènent pas exactement tous les astres à leurs premières positions, ils croyaient à l'existence de plus longues périodes, et surtout d'une *grande année,* après la révolution de laquelle tous les mouvements célestes recommencent exactement de la même manière et dans le même ordre. Or, on voit bien que l'idée d'une telle reproduction périodique et indéfinie, dans le passé et dans l'avenir, exclut toute idée de commencement et de fin, la rend du moins superflue, et dispense de toutes recherches à l'égard des questions d'origine. Il n'y a plus qu'à admettre, comme beaucoup l'admettaient, que le monde se meut éternellement d'un mouvement circulaire et périodique, parce qu'il est dans sa loi, dans la nécessité de son essence de se mouvoir ainsi. D'autres pourtant, combinant l'idée d'une grande année et celle d'un chaos ou d'une époque de confusion contrastant avec l'ordre actuel, admettaient des retours périodiques du chaos, des alternatives régulières de destruction et de reconstruction des mondes. Des systèmes religieux

ont été fondés sur cette double conception, développée avec la richesse exubérante de l'imagination orientale.

80. — Quelque extravagants que ces systèmes nous paraissent et doivent nous paraître dans l'état de nos sciences, ils n'ont rien que de logiquement conciliable avec une cosmologie purement mathématique et rationnelle, et non physique. Si, dans l'astronomie physique des modernes, les questions d'origine se présentent inévitablement, c'est que la nécessité (prétendue essentielle) du mouvement circulaire et périodique, est reconnue incompatible avec les propriétés physiques des corps; c'est que toute explication mécanique des phénomènes exige que l'on distingue et que l'on rapporte à des chefs distincts d'explication, d'une part la loi des forces auxquelles les corps sont nécessairement soumis, d'autre part les *données* ou les *circonstances initiales* du mouvement; c'est enfin que nos connaissances sur la structure physique des corps célestes sont déjà assez avancées pour que nous sachions pertinemment qu'ils n'ont pas toujours été dans l'état où ils se trouvent, de sorte qu'il faut expliquer par des causes physiques le passage de l'état ancien à l'état actuel, quelle que puisse être la stabilité de l'ordre actuel dans l'avenir. Nous aurons à revenir sur ces considérations en poursuivant notre synthèse, et à montrer comment, à mesure que l'on s'élève aux étages supérieurs du système de nos connaissances, l'importance de l'élément historique grandit progressivement, jusqu'à égaler ou à surpasser l'importance de la donnée théorique.

LIVRE II.

LA FORCE ET LA MATIÈRE

CHAPITRE PREMIER.

DES IDÉES DE FORCE ET DE DÉPENSE DE FORCE.

81. — L'idée de FORCE, dont nous aurons à étudier dans toute la suite de cet ouvrage les transformations si variées, qui est sans cesse évoquée, sous tant d'aspects différents, aussi bien dans le discours ordinaire que dans la langue scientifique, littéraire ou philosophique, provient originairement de la conscience du pouvoir que nous avons d'imprimer des mouvements à notre propre corps et aux corps qui nous entourent, jointe au sentiment intime de l'effort ou de la tension musculaire qui est la condition organique du déploiement de notre puissance motrice. La force est ce qui fait mouvoir ou ce qui tend à faire mouvoir le corps; le corps est ce qui résiste et ce dont la résistance, quelquefois insurmontable, ne peut en aucun cas être surmontée que par le déploiement de la force. Si nous n'avions que le sentiment de l'effort musculaire, sans conscience de notre activité volontaire, nous ne nous élèverions pas jusqu'à la conception d'une idée, principe d'explication philosophique et scientifique. D'un autre côté, si nous n'avions pas le sentiment intime de l'effort musculaire, le spectacle du monde, dont nous jouirions par nos sens externes, pourrait bien encore

nous suggérer la notion de l'étendue, des figures et des mouvements, mais l'idée fondamentale de la mécanique, et par suite les idées fondamentales de la physique, comme de bien d'autres théories plus ou moins modelées sur la physique, nous échapperaient tout à fait.

Quoique cette conséquence, saisie par la raison, ne puisse se constater expérimentalement, en ce sens qu'il ne nous est pas donné de réaliser l'hypothèse d'un homme jouissant du spectacle du monde par ses sens externes, notamment par la vue, et en même temps absolument privé, soit de la conscience d'une intervention active, soit du sentiment intime de l'effort musculaire, il est pourtant permis de dire (77) que la Nature a jusqu'à un certain point réalisé l'hypothèse, en plaçant les corps célestes à une telle distance de l'homme que leur éclat et leurs mouvements frappent ses regards, sans qu'il puisse en aucune façon les atteindre, les saisir, et, en ce qui les concerne, faire aucun usage de sa puissance comme agent mécanique.

82. — La notion de force et celle de corps, comme on vient de l'observer, sont corrélatives et s'impliquent l'une l'autre. Mais l'une peut se développer sans qu'il soit besoin d'approfondir l'autre. On conçoit aisément un ordre de spéculations théoriques, bien voisin de la géométrie pure, dans lequel on ferait abstraction des caractères physiques par lesquels les forces diffèrent entre elles, pour n'avoir égard qu'à leur intensité, à leur direction et aux situations relatives de leurs points d'application. La force musculaire d'un homme qui tire un corps de bas en haut fait équilibre à l'action

d'un poids qui le tire de haut en bas; un poids tient fermée la soupape d'une chaudière que la tension de la vapeur contenue dans la chaudière tend à soulever; la pression exercée par un déploiement de force musculaire ou par l'élasticité d'un ressort métallique sert au besoin à équilibrer la tension d'une vapeur, et ainsi de suite. On pourra donc considérer comme équivalentes, au moins quant à leur pouvoir de s'équilibrer les unes les autres, et par suite évaluer en kilogrammes la force musculaire, la tension de la vapeur, l'élasticité du ressort. Le mot même d'*équilibre* et son étymologie latine indiquent assez que l'attention des hommes, en fait d'équilibre et de forces capables de s'équilibrer, s'est d'abord fixée sur les poids. Quelque mystérieux que soit le principe du poids des corps, le poids est la force qui agit le plus constamment sur nous, avec laquelle nous sommes le plus familiarisés, et dont la mesure est le plus commode. Nous pouvons même artificiellement en diriger l'action à notre gré au moyen d'un système de poulies de renvoi, sur lesquelles s'enroulent les fils ou les cordes où les poids sont attachés; et grâce à cet artifice, il est toujours permis de concevoir que les forces qui sollicitent un corps ou un système de corps en équilibre, quels qu'en soient la direction et le mode physique d'action, ont été remplacées par des poids équivalents.

Lorsque des forces telles que celles que nous venons de considérer ne s'équilibrent pas, et qu'elles impriment au corps qu'elles sollicitent un mouvement effectif, elles ne lui impriment pourtant, au bout d'un temps fini, qu'une vitesse finie, d'autant plus petite que le corps en a subi l'action moins longtemps; et

comme elles n'ont pas cessé d'agir sur le corps d'une manière continue pendant cet intervalle de temps, on en doit conclure que les vitesses qu'elles imprimeraient pendant un temps excessivement petit seraient elles-mêmes excessivement petites (56).

83. — Quand on étudie la manière d'agir des forces et les divers effets mécaniques qu'elles sont capables de produire, on est bien vite amené à envisager la force sous deux aspects différents : tantôt comme une chose qui subsiste et dont on use indéfiniment sans la consommer, comme lorsque l'on emploie des poids à s'équilibrer les uns les autres ; tantôt comme une chose qui se consomme ou *se dépense*, en raison de l'usage même que l'on en fait, pour produire certains mouvements ou opérer dans les corps certaines transformations. En établissant cette distinction, les mécaniciens s'accordent tout à fait avec les jurisconsultes et avec les économistes, quoique les études des uns et des autres aient des objets bien différents.

Par exemple, on *monte* le ressort d'une pendule, et le ressort ainsi monté est capable d'imprimer, en se débandant, le mouvement à la pendule; mais par là sa force se dépense et s'épuise, et quand elle est épuisée, c'est-à-dire quand le ressort est revenu à son état primitif, il faut le remonter, si l'on veut que le mouvement continue. Au contraire, les ressorts d'un meuble de siège peuvent servir indéfiniment à l'usage auquel on les destine, du moins tant que leur structure physique n'est point altérée, comme elle l'est nécessairement à la longue, aussi bien que celle du ressort de pendule, par des causes dont nous n'avons pas en ce moment à nous occuper.

La force du ressort qui fait marcher le mouvement d'horlogerie est souvent remplacée par un poids, et le poids, en descendant d'une hauteur déterminée, remplit exactement le même office que le ressort en se débandant; il faut aussi le remonter après qu'il est arrivé au bas de sa course, comme on remonte le ressort si l'on veut qu'il continue de rendre le même service; tandis que le poids dont on charge des corps que l'on veut presser peut être abandonné à lui-même et continuer d'agir de la même manière pendant un temps indéfini ou tant qu'il ne subira pas lui-même la lente dégradation due aux agents atmosphériques. Il en faut dire autant d'une presse hydraulique, où la pression de la colonne liquide agira comme une force inépuisable, tandis que l'eau accumulée daus un réservoir d'où elle s'échappe avec force, en mettant en jeu une roue hydraulique, n'agit qu'à condition de s'épuiser, et cesse bientôt d'agir si l'on n'a des moyens de renouveler l'approvisionnement du réservoir.

Un gaz ou une vapeur comprimés exercent contre les parois de l'enveloppe qui les contient, contre les soupapes ou les pistons qui s'opposent à leur expansion, une pression dont rien ne limite la durée; mais, si les parois se distendent, si les pistons jouent, le fluide élastique, par son expansion graduelle, dépassera graduellement la force qu'il recélait, et qu'on ne peut lui rendre qu'autant qu'on le soumet à une nouvelle compression.

84. — Tout à l'heure nous remarquions que des forces entre lesquelles il y a la plus grande disparité quant aux caractères physiques, peuvent être réputées égales ou équivalentes, en ce sens qu'on peut les rem-

placer les unes par les autres sans troubler l'équilibre des corps auxquels elles sont appliquées. Or, l'on retrouve une pareille équivalence entre les dépenses de force, malgré la différence de nature des agents physiques. La détente d'un ressort peut être employée à remonter un poids à uue certaine hauteur, et le poids en descendant peut servir à bander le ressort. La détente d'une vapeur ou d'un gaz est employée à mettre en jeu une pompe qui remonte à une certaine hauteur un poids d'eau dont la chute pourrait servir à faire marcher une machine destinée à comprimer le gaz ou la vapeur.

Il suit de là que la force qui se dépense peut aussi s'accumuler, et pour ainsi dire s'emmagasiner. Car, supposons qu'il s'agisse d'une force dont nous ne puissions pas régler à notre gré la dépense, pour l'employer de la manière et dans le temps qui nous conviennent le mieux : ne pouvons-nous pas, d'après la remarque qui vient d'être faite, la transformer en une autre dont nous règlerons ensuite à loisir la dépense et l'emploi ? Ainsi un cours d'eau naturel, qui a ses intermittences et ses crues dont nous ne sommes pas maîtres, la force impulsive du vent dont nous disposons bien moins encore, seront, si cela nous plaît, employés à élever dans un réservoir une masse d'eau dont nous règlerons ensuite la dépense dans la juste mesure de nos besoins et des effets utiles qu'il s'agit de produire.

D'après cette remarque capitale, il y a lieu de se faire une théorie des machines, non plus (comme en cinématique) en tant seulement qu'elles servent à transformer les mouvements les uns dans les autres

(32), mais en tant qu'elles servent à régler les dépenses de force et à transformer les unes dans les autres les forces que la Nature met à notre disposition, ce qui est proprement l'objet de la dynamique industrielle.

85. — Rien ne prouve sans doute que les transformations des forces les unes dans les autres puissent avoir lieu sans un déchet; et même il n'est pas difficile de reconnaître, sans avoir besoin pour cela d'une discussion approfondie, qu'un déchet quelconque est physiquement inévitable. Mais du moins il semble évident qu'il ne saurait résulter de ces transformations aucun accroissement dans la force dépensable, et que l'intervention d'instruments passifs ne pourrait faire, par exemple, qu'un poids d'un kilogramme, en descendant d'un mètre, servît, soit directement, soit par des opérations intermédiaires et des échanges de force en nombre quelconque, à remonter deux kilogrammes à la même hauteur d'un mètre : lesquels deux kilogrammes pourraient, par la même raison, servir à remonter quatre kilogrammes à la même hauteur d'un mètre, et ainsi indéfiniment. Il y a dans cet accroissement indéfini des puissances actives de la Nature, par le seul emploi d'instruments passifs, quelque chose qui heurte les notions fondamentales de la raison, et que nous repoussons, non seulement comme contraire à l'expérience, mais comme absurde. Nous aurons par la suite à examiner plus à fond ce principe et ses conséquences.

86. — Pour désigner la force qui se consomme par l'usage que l'on en fait, Leibnitz a créé la dénomination de *force vive*, et par contre il nomme *force morte*

celle qui peut agir sans produire de mouvement et sans s'épuiser pendant un temps indéfini, comme la pression d'un poids. L'inconvénient de ces dénominations consiste à faire intervenir l'idée des phénomènes de la vie (au risque d'embrouiller ce qu'on voudrait éclaircir) dans un ordre de phénomènes que la vie suppose, mais qui, au rebours, ne suppose point du tout l'existence des êtres vivants, quoique la notion de la force nous ait été d'abord suggérée (81) par le sentiment d'une action vitale qui nous est propre. A la vérité, l'expression de Leibnitz semble d'abord avoir cela de convenable, que le caractère éminent des puissances vitales (auquel nous aurons bien souvent occasion de revenir dans la suite de cet ouvrage), c'est de s'épuiser dès lors qu'elles s'exercent : mais, d'un autre côté, les forces que les animaux déploient, volontairement ou involontairement, contrastent avec les forces physiques parmi lesquelles nous avions eu soin de prendre plus haut nos exemples, précisément en ce qu'elles s'usent et se dépensent, alors même qu'elles n'agissent qu'à la manière des forces physiques qui ne comportent ni dépense ni dépérissement. Un poids mis à l'abri des influences atmosphériques, peut servir indéfiniment, sans le moindre déchet, à équilibrer un autre poids ou à comprimer un corps compressible; il en est de même de la force expansive d'une vapeur, d'un gaz ou d'un ressort métallique : tandis que la force musculaire d'un homme ou d'un animal s'épuise, aussi bien lorsqu'on l'emploie à presser un obstacle, à maintenir une machine en équilibre, ou à porter un fardeau sans bouger de place, que lorsqu'on l'emploie à élever

un poids ou à traîner un fardeau, en cheminant dans le sens suivant lequel la traction s'opère. Dans l'un ou l'autre cas, il faut à l'animal du temps ou du repos pour réparer ses forces épuisées.

De nos jours, de savants praticiens, des géomètres ingénieurs qui se piquaient fort d'esprit positif et d'aversion pour toute espèce de métaphysique, ont pourtant repris à leur manière les idées de Leibnitz; et à la dénomination dont ce grand philosophe avait fait choix, en vue surtout des applications à la philosophie naturelle, ils en ont substitué une autre qui caractérise mieux le but pratique de leurs recherches et l'esprit de notre siècle. Ils ont appelé, et à leur exemple on appelle aujourd'hui communément *quantité de travail*[1], ce qui constitue précisément la quantité de force dépensable, selon l'idée qu'on s'en doit faire d'après les explications qui précèdent. On prend pour terme de comparaison ou pour *unité de travail* l'une de ces dépenses de force qui peuvent se convertir les unes dans les autres, et tout naturellement celle dont nous avons l'idée la plus simple, à savoir celle qui a pour résultat d'élever un poids donné à une hauteur donnée, par exemple le poids d'un kilogramme à la hauteur d'un mètre; et l'on évalue en pareilles unités le travail d'un ressort métallique qui se débande, d'une vapeur qui se détend, aussi bien que le travail d'un animal employé comme force mo-

[1] Rigoureusement parlant, la définition de la force vive et celle de la quantité de travail ne sont pas équivalentes : la mesure de la *force vive* de Leibnitz est le double de la mesure du *travail* des mécaniciens modernes : mais cela ne change rien au fond des explications.

trice. Au fond, les inconvénients de ces expressions sont les mêmes que ceux qui viennent d'être signalés à propos de la dénomination de *force vive;* et ils tiennent pareillement à ce qu'il y a, dans le jeu des forces animales, dont le mot de *travail* réveille l'idée, des conditions dont il faut complètement faire abstraction, si l'on veut prévenir toute équivoque et toute obscurité dans l'exposé des principes généraux de la mécanique.

Qu'un homme porte un fardeau sans bouger de place, ou en cheminant le long d'une route de niveau : il ne travaillera pas, dans le sens de la définition technique qui vient d'être donnée; tandis qu'il travaillerait si la route devenait montante ou s'il s'attelait à un brancard pour traîner le même fardeau le long d'une route de niveau. Car, dans le premier cas le poids aurait été élevé de toute la différence de niveau entre le point de départ et le point d'arrivée; et dans le second cas la traction exercée pour vaincre le frottement de la route et les autres résistances est comparable à celle qui servirait à élever, au moyen d'une poulie de renvoi *r*, d'une hauteur précisément égale à la longueur du chemin parcouru le long de la route de niveau, un certain poids P, déterminé convenablement. Cependant, selon l'acception ordinaire des termes, il y a pour cet homme fatigue et travail (comme il y a, pour celui qui l'emploie, un service rendu) soit qu'il reste en place, soit qu'il chemine; soit que le niveau de la route s'élève ou ne change pas; soit qu'il porte le

fardeau sur ses épaules ou qu'il s'attèle au brancard; et même il ne fait usage du brancard que pour diminuer sa fatigue et son travail.

La définition de nos ingénieurs n'en est pas moins juste, dans le sens d'une mécanique et d'une industrie perfectionnées, et d'une bonne organisation du travail mécanique. Un homme se fatigue et travaille assurément, en tenant un poids en équilibre sans bouger de place : mais aussi se gardera-t-on bien, dans une industrie perfectionnée, d'employer et de payer pour cela le travail d'un homme, quand il suffit d'accrocher un poids qui ne se fatigue pas, pour obtenir le même service. Si, dans une usine savamment installée, on a à transporter fréquemment des fardeaux, des sacs de blé ou de charbon, sur un plan horizontal, on se gardera d'appliquer à un tel service le travail d'un homme : on construira des chariots roulant sur des rails, et l'on s'attachera à diminuer les frottements de telle sorte, que la quantité de force vive ou de travail mécanique, dépensée pour cette partie du service de l'usine, soit réduite à presque rien; tandis que, s'il faut élever les fardeaux verticalement, on ne pourra éviter ni réduire la dépense de travail mécanique correspondante à la hauteur d'élévation, en vertu de la définition donnée, sans préjudice de la dépense additionnelle pour surmonter les frottements.

87, — « La force vive, a dit Montgolfier, est ce qui se paie; » et dans une bonne organisation de l'industrie on ne doit employer, et par conséquent payer la fatigue ou le travail de l'homme en tant qu'agent mécanique, qu'autant qu'il y a production de travail

mécanique, et en raison de la quantité de travail produite, dans le sens de la définition technique. Au sujet de cette définition, il faut encore observer, d'une part que la fonction la plus ordinaire des machines qui ne sont pas de la classe des machines-outils dont on a parlé plus haut (32), est d'élever des fardeaux ou de vaincre des résistances continues du même genre; d'autre part, que lors même que nous les appliquons à d'autres usages, par exemple à moudre du grain, à scier du bois, à pulvériser du charbon, à brasser des matières pâteuses, ces effets si divers reviennent toujours à une consommation de travail mécanique ou de force vive. Et puisque la force vive est une chose qui non seulement se dépense, mais aussi qui se recueille, se conserve, s'emmagasine, se transmet, s'échange, se fractionne, se mesure, il faudrait être bien peu versé dans la science économique et bien peu connaître le besoin que l'homme a de mesures en toutes choses (13), pour ne pas voir qu'à ce titre seul la force vive devrait devenir l'étalon dynamique, lors même que le service le plus habituel des machines ne serait pas directement mesuré par la force vive. C'est en vertu de propriétés analogues que les métaux précieux servent d'étalons à toutes les valeurs commerciales, sans être à beaucoup près les denrées dont la consommation directe est le plus utile et le plus impérieusement réclamée par nos besoins.

Ainsi l'idée de force vive, ramenée à ce qu'elle a d'essentiel, dégagée de toutes les idées ou images accessoires qu'une dénomination impropre pourrait évoquer, nous donne bien la clef de la mécanique industrielle. Doit-elle aussi nous donner la clef de la

mécanique philosophique? Déjà l'on pourrait le pressentir : car, lorsque l'homme parvient à mettre le meilleur ordre dans les faits qu'il gouverne, dans les sciences qu'il institue pour le besoin des applications qui l'intéressent, c'est ordinairement parce qu'il a en même temps saisi l'ordre et les rapports des choses en elles-mêmes, indépendamment des applications utiles qu'il en peut faire. Nous aurons par la suite plusieurs occasions de mettre cette idée en relief, et de montrer la corrélation entre les lois de la Nature et celles de l'industrie humaine, entre les mécanismes naturels et nos instruments artificiels. Mais nous ne sommes pas réduits à cette seule induction. On peut directement établir (et ce sera l'un des objets des chapitres qui vont suivre) l'importance philosophique qui s'attache à la notion du travail mécanique ou de la dépense de force, en montrant comment les vérités de la science se lient à la faveur de cette notion fondamentale. Car, il n'y a pas d'autre preuve de la valeur des idées que leur fécondité même et la régularité du système dont elles donnent la clef (57).

88. — Le temps n'intervient pas dans l'idée que nous avons de la force vive ou du travail, ni par conséquent dans les définitions que nous en donnons, mais il intervient nécessairement dans l'idée d'une *source* de force vive ou de travail. L'eau accumulée dans un réservoir à un certain niveau, d'où elle peut tomber à un niveau inférieur quand on veut l'utiliser comme moteur, nous donne l'idée d'un approvisionnement de force disponible; le volume d'un cours d'eau qui coule sans cesse, d'un niveau donné à un niveau inférieur, nous donne l'idée d'une source de

travail. On sent la nécessité de comparer la force de ce cours d'eau à celle d'un autre cours d'eau, et l'on dit que la force du cours d'eau est capable d'élever dans l'unité de temps (dans un jour, par exemple) tant de kilogrammes à tant de mètres de hauteur. Voilà une nouvelle acception du mot de *force*, d'après laquelle le temps intervient dans la mesure de la force. Un animal de trait est aussi une source de travail que l'on mesurera en tenant compte de la quantité de force vive qu'il peut fournir par jour, d'une manière soutenue, sans que sa santé en souffre, étant nourri et soigné convenablement. Une machine à vapeur est montée pour marcher d'une manière soutenue, avec une certaine alimentation de combustible, de manière à fournir par jour tant d'unités de force vive ou de travail; et quand on parle de la force d'une machine à vapeur comparée à celle d'un cours d'eau ou d'un animal de trait, il s'agit précisément de cette force où le temps entre comme *facteur*, c'est-à-dire d'une source de force vive.

Comparée à la simple idée de force vive, l'idée d'une source de force vive ou de travail (ou du moins l'application de cette idée) suppose manifestement une connaissance plus approfondie de l'économie des phénomènes naturels et des qualités concrètes des agents que la Nature emploie. Elle nous fournit le premier et le plus simple exemple de la distinction si importante à faire entre les choses dont l'approvisionnement s'épuise et celles que la Nature reproduit ou régénère, à mesure qu'elles se consomment ou se débitent dans les conditions du monde où nous vivons.

CHAPITRE II.*

DES PRINCIPES DE LA STATIQUE, OU DE LA THÉORIE DE L'ÉQUILIBRE DES FORCES.

89. — Lorsqu'on jette un coup d'œil sur les axiomes et les principes qui servent de fondement à la statique, on remarque de prime-abord ce fait singulier, qu'il y a, au point de vue de la forme mathématique, une parfaite identité, une corrélation exacte entre la statique ou la théorie de l'équilibre des forces, et la cinématique ou la théorie géométrique des mouvements. Ainsi, ces axiomes de statique : « Deux forces égales et directement opposées se font équilibre; — une force peut, sans troubler l'équilibre existant, être transportée du point où elle est actuellement appliquée, à un autre point lié invariablement au premier et pris sur la direction de la force; etc. » correspondent à ces axiomes de cinématique : « Deux mouvements égaux et opposés de direction laissent le mobile en repos dans l'espace absolu; — on peut substituer à la vitesse propre du mobile la vitesse d'*entraînement* qu'il prendrait par suite de sa liaison avec un autre point mobile pris dans la direction du premier mouvement, et qui aurait pour mouvement *propre* celui qui a été enlevé au premier mobile; etc. »

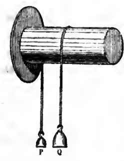
---

* Le lecteur qui se croirait par trop étranger à toute espèce de considérations géométriques, pourra passer ce chapitre sans qu'il en résulte de lacune trop sensible dans l'enchaînement des idées.

La même correspondance se soutient lorsque, des axiomes proprement dits, l'on passe aux théorèmes fondamentaux de l'une et de l'autre science : et dès lors il est aisé de comprendre que l'identité des axiomes et des théorèmes fondamentaux doit procurer l'identité dans toutes les parties de la construction scientifique. Ainsi, la règle pour la composition des vitesses exprimée au n° 31, est exactement la même que la règle pour la composition des forces en statique, si connue sous le nom de règle *du parallélogramme des forces*.

90. — Le cas singulier signalé à propos de la théorie géométrique du mouvement (39), celui où tous les mouvements dont un mobile est animé (mouvements propres ou d'entraînement) se neutralisent ou se compensent les uns les autres, de manière à laisser le mobile en repos dans l'espace absolu, se trouvera donc correspondre exactement au cas où le mobile est sollicité par des forces qui s'équilibrent; et les relations mathématiques entre les vitesses qui se compensent seront précisément les mêmes que les relations mathématiques entre les forces qui s'équilibrent. Ainsi, dans l'exemple même du numéro cité, le mobile posé sur une sphère dont il partage le mouvement de rotation, et qui en même temps est animé d'un mouvement propre par lequel il circule en sens contraire à la surface de la sphère, autour de son axe de rotation, reste en repos dans l'espace absolu, si sa vitesse propre est à la vitesse d'un point fixé sur l'équateur de cette sphère dans un rapport inverse de celui du rayon du petit cercle décrit, au rayon de l'équateur de la sphère. A cette règle de cinématique

correspond la règle statique de l'équilibre du *treuil* : règle qui veut que l'équilibre subsiste entre les poids P, Q, suspendus l'un à la grande *roue* du treuil, l'autre à l'*arbre* ou au cylindre concentrique, et qui tendent à imprimer à la machine des mouvements de rotation en sens contraires, si le rapport du poids P au poids Q est précisément le même que le rapport du rayon du cylindre au rayon de la grande roue.



Comme l'idée peut aisément se généraliser et s'étendre au cas où l'on considère un nombre quelconque de points mobiles, ayant entre eux des liaisons quelconques, il semble qu'on puisse donner à toute question de statique un énoncé qui la ferait rentrer dans la cinématique, en substituant à la considération des forces qui se font équilibre par le moyen des liaisons établies entre leurs points d'application, la considération des vitesses propres qui se combinent avec les vitesses d'entraînement que ces mêmes liaisons communiquent, de façon que les points ne subissent aucun déplacement dans l'espace absolu. Depuis que l'on s'occupe de la philosophie des sciences, il n'a jamais manqué d'auteurs disposés à croire que ce serait le moyen d'éviter l'obscurité *métaphysique* attachée suivant eux à l'idée même de force, et, en bannissant l'idée et le mot, de réduire la statique et même la mécanique tout entière, puis la physique par contre-coup, à la cinématique, en n'em-

ployant partout que les images claires et les représentations palpables de la géométrie.

91. — Il s'agit ici, nous ne saurions trop le redire, d'un point aussi délicat qu'important, du passage de l'une des catégories fondamentales de nos idées à une autre catégorie pareillement fondamentale. Les arguments que l'on fera valoir pour bannir l'idée de force et s'en tenir à celle de mouvement, sont au fond les mêmes que Hume ou d'autres mettront en avant pour bannir l'idée de cause et se contenter de celle d'une succession d'évènements. Il faut tâcher de juger, d'après notre exemple mathématique, plus simple dès lors que tout autre (7), comment les catégories fondamentales s'enchaînent, sans pourtant s'identifier. L'analyse est subtile peut-être, mais elle s'applique à des objets dignes de toute l'attention du philosophe et non à des créations fantastiques. Or, sur l'exemple même que nous avons choisi, ne voit-on pas qu'il n'y a rien d'arbitraire à attribuer le repos absolu du point mobile sur la sphère à la coexistence de deux mouvements distincts, qui subsistent bien chacun à part et indépendamment l'un de l'autre, même lorsqu'il arrive accidentellement qu'ils se compensent et laissent le mobile à la même place dans l'espace absolu? La terre tourne et nous circulons à la surface de la terre : ces deux phénomènes ne cesseraient pas de se produire et d'être parfaitement intelligibles l'un et l'autre, même dans le cas très particulier où, grâce à un emploi encore plus énergique de la puissance de la vapeur, nous pourrions faire précisément en vingt-quatre heures le tour de notre cercle de latitude, de l'est à l'ouest, de manière qu'étant partis à midi, le

soleil nous parût marquer toujours l'heure de midi. Plus près des pôles que nous ne le sommes, la vitesse actuelle des chemins de fer suffirait pour rendre la chose exécutable : et il n'en serait pas moins très vrai de dire et très facile de concevoir, d'une part que la terre tourne, d'autre part que nous faisons le tour du monde en chemin de fer et en un jour. On est loin d'avoir, dans le cas d'un treuil en équilibre, une idée aussi claire de la coexistence de deux mouvements qui s'annulent et que rien ne rend sensibles, parce qu'en effet il n'y a plus alors de mouvement, mais seulement une tendance au mouvement. Or, l'idée d'une tendance au mouvement n'est ni plus ni moins obscure que l'idée de force : c'est l'idée de force exprimée en d'autres termes; et s'il n'y avait rien dans notre constitution et dans nos rapports avec les objets qui nous entourent, qui fût propre à nous suggérer l'idée de force, il n'y aurait rien non plus qui pût nous suggérer l'idée d'une tendance au mouvement, là où il n'y a effectivement aucun mouvement qui puisse tomber sous la perception des sens.

92. — Telle est donc la liaison de la cinématique à la statique, que, toutes les fois que l'immobilité d'un ou de plusieurs mobiles dans l'espace absolu résultera d'une combinaison de mouvements propres et de mouvements communs ou d'entraînement, ayant chacun leur raison d'être, et susceptibles de se manifester comme autant de phénomènes distincts, nous pourrons mettre en regard deux problèmes, l'un de cinématique, l'autre de statique, qui se correspondront parfaitement et dont les solutions géométriques ne sauraient différer l'une de l'autre, parce qu'elles

se rattachent à des principes géométriques parfaitement concordants[1]. Toutefois, les deux problèmes, identiques par la forme de la solution, différeront foncièrement quant aux données, au moins selon notre manière de concevoir les choses : car d'ailleurs, la parfaite ressemblance dans la forme de la solution est une forte présomption que, pour une intelligence constituée de manière à pénétrer plus avant que nous dans le fond et dans la raison des choses, la cinématique et la statique, la notion de mouvement et la notion de force, s'identifieraient. C'est ainsi (pour prendre un exemple moins abstrait) que la théorie physique de la lumière et celle de la chaleur rayonnante reposent sur des principes dont la forme géo-

---

[1] Ceci explique à la fois le bon accueil et les objections qu'on a faites à l'ingénieuse théorie des *couples*, sur laquelle Poinsot a fondé ses *Eléments de Statique*. L'idée d'un couple de forces parallèles, d'égale intensité et dirigées en sens contraires, ne peut certainement passer pour une idée primordiale, au même titre que l'idée de force, et qui en fasse en quelque sorte le pendant. En ce sens il n'est pas vrai de dire que la symétrie de rôle des forces et des couples soit fondée sur la nature des choses; et une construction de la statique qui repose sur cette symétrie est plutôt artificielle que naturelle. Mais, d'un autre côté, la symétrie que la cinématique nous offre entre les mouvements de translation rectiligne et les mouvements de rotation, est certainement fondée sur la nature des choses et sur les principes essentiels de la géométrie; en sorte que la solution d'un problème de cinématique atteindra sa perfection, ou, comme on dit, sa plus grande élégance, lorsqu'elle mettra le mieux en relief la symétrie dont il s'agit. Et, puisque le problème correspondant de statique (au point de vue mathématique et abstrait) n'en diffère pas, il faut bien que la forme la plus élégante à donner au problème de cinématique soit aussi la forme la plus élégante que l'on puisse donner au problème de statique correspondant, dût-elle paraître artificielle et détournée au point de vue qui est particulier à la statique.

métrique est la même, d'où résulte une parfaite identité dans la solution géométrique des problèmes d'optique et des problèmes analogues sur la chaleur rayonnante. Nous n'en sommes pas moins forcés d'admettre que, dans l'état de nos connaissances, les deux théories forment deux branches distinctes de la physique; et en même temps nous sommes très portés à croire que, dans l'état d'une science plus profonde ou plus avancée que la nôtre, les notions de lumière et de chaleur rayonnante s'identifieraient, de manière à rendre les deux théories dont il s'agit, identiques par la nature des matériaux de la construction scientifique aussi bien que par la forme de la construction (2).

93. — La nécessité une fois reconnue de combler ou de franchir l'intervalle qui sépare la cinématique de la statique, la théorie géométrique de la combinaison des mouvements d'avec la théorie de la combinaison des forces, il s'agit de savoir au juste quels principes et en quel nombre doivent être empruntés pour cela, soit au seul raisonnement, soit à l'expérience, de manière que la statique ait le caractère de science purement rationnelle comme les mathématiques pures, ou celui de science expérimentale comme les diverses parties de la physique. La question est philosophiquement des plus importantes et des plus curieuses : elle est d'autant plus curieuse et importante qu'il s'agit du premier exemple du passage d'un ordre d'idées et de facultés à un autre. Nous ferons à ce sujet les observations suivantes :

L'unique principe dont la statique ait besoin pour se fonder sur une base qui lui soit propre, tout en satisfaisant à la condition d'une parfaite identité de

forme entre les solutions des problèmes de cinématique et celles des problèmes correspondants de la statique, peut se tirer à volonté, ou de la règle de la composition des forces concourantes (principe du parallélogramme des forces), ou de la règle de la composition des forces parallèles (principe de l'équilibre du levier ou du treuil). Chacune de ces règles se ramène à l'autre par des raisonnements et des constructions purement géométriques, auxquelles l'esprit de subtilité ne fait point d'objection.

Rien de plus facile que de constater par des expériences précises la règle de l'équilibre du levier, sur laquelle reposent la construction et l'usage de l'espèce de balance qui porte chez nous le nom de *romaine*. Aussi ce principe, qui paraît avoir été connu de toute antiquité, a-t-il été choisi par Archimède pour servir de base à la statique rationnelle, dans les livres qu'il nous a laissés et qui sont les premiers monuments de cette science. Quant au principe du parallélogramme des forces, on en trouve des applications nombreuses, mais confuses et obscurément présentées, dans le livre des *Questions mécaniques*, attribué à Aristote, quoique d'ailleurs la règle du parallélogramme des vitesses, vérité d'intuition (31), s'y trouve nettement énoncée[1], et que l'auteur en ait bien senti la liaison avec la composition et la décomposition des forces. Ce n'est que fort tard, au commencement du dix-septième siècle, que le géomètre hollandais Stevin a entrepris d'en donner une démonstration tirée de l'ordre d'idées

---

[1] Φανερὸν οὖν ὅτι τὸ κατὰ τὴν διάμετρον φερόμενον ἐν δύο φοραῖς, ἀνάγκη τὸν τῶν πλευρῶν φέρεσθαι λόγον. (*Quæst. mech.* cap. II.)

qui est propre à la statique : encore cette démonstration repose-t-elle sur des considérations indirectes et fort détournées. Un siècle plus tard, Varignon en fit la base de sa *Nouvelle Mécqanique*, mais toujours en rattachant la composition des forces à la composition des vitesses; et ce n'est que vers le milieu du dix-huitième siècle, que Daniel Bernoulli et d'Alembert, pour rendre à la statique son indépendance et en quelque sorte son autonomie, proposèrent des démonstrations du genre de celles auxquelles on a encore recours maintenant, lorsqu'on se place au point de vue de ces géomètres, et qu'on ne veut pas avec Varignon regarder la règle de la composition des forces comme une conséquence évidente de la règle pour la composition des vitesses[1].

94. — Il y aurait de l'intérêt pour les logiciens dans une analyse exacte des démonstrations rationnelles qu'on a données, tant du principe du parallélogramme des forces que du principe de l'équilibre du levier, et des objections qu'on y a faites. Sans entrer dans des détails que la nature et le but principal du présent ouvrage ne comportent guère[2], nous observerons que la variété même des tours de démonstra-

[1] Voyez l'excellente notice historique mise par Lagrange en tête de la *Mécanique analytique*; I[re] partie, section 1[re].

[2] Pour l'un et pour l'autre principe, la démonstration directe se décompose en deux parties bien distinctes. S'agit-il du parallélogramme des forces? La première partie du théorème consiste à établir que la résultante est dirigée suivant la diagonale du parallélogramme des composantes; c'est dans cette première partie que se concentrent les difficultés de la démonstration, après quoi rien n'est plus aisé que d'en conclure l'intensité de la résultante. S'agit-il du principe du levier? La difficulté consiste au contraire à déterminer directement l'intensité de la résultante ou la charge du point

tion employés indique assez qu'ils sont trop artificiels et détournés pour que l'esprit s'en contente, quand il s'agit de propositions qui ont cette importance fondamentale. La logique peut être satisfaite, si l'artifice des constructions a conduit finalement à un raisonnement concluant : mais la raison ne l'est pas, parce que la raison veut que les principes sur lesquels toute une science repose se démontrent simplement ou qu'ils ne se démontrent pas du tout; et l'esprit ne se flatte point d'avoir saisi l'ordre naturel suivant lequel les vérités s'enchaînent, tant qu'une vérité très géné-

---

d'appui, après quoi l'on montre aisément, comme l'a fait Archimède, où doit se trouver le point d'appui pour que l'équilibre ait lieu. Nous retrouvons partout la même analogie, la même symétrie, et (pour employer l'expression reçue maintenant) la même *dualité* qui tient à l'essence même des rapports entre les deux éléments de la géométrie et de la cinématique, la ligne droite et le cercle, le mouvement de translation rectiligne et le mouvement de rotation (34).

On peut voir, tout au commencement de la *Mécanique analytique*, les raisonnements ingénieux, mais très détournés, par lesquels Huygens et Lagrange ont suppléé à ce qu'ils appellent le défaut de la démonstration d'Archimède, en démontrant la première partie du principe du levier, ou le postulat qu'Archimède suppose, à savoir que la résultante de deux forces parallèles entre elles est égale à la somme des composantes. Rien de plus aisé que la démonstration de ce postulat, lorsque, sans l'appuyer précisément sur la règle du parallélogramme des forces, on veut néanmoins faire usage de la notion acquise de la composition et de la décomposition des forces concourantes (voyez les *Eléments de Statique* de Poinsot, n° 19). Mais l'avantage, et pour ainsi dire le mérite du principe du levier, comme fondement de la théorie de l'équilibre, consiste précisément, selon la remarque de Lagrange, à tout ramener à la considération des poids, et à n'exiger pour la clarté de l'énoncé, ni que les forces soient représentées par des lignes, ni que l'on invoque aucun axiome tiré de la nature du mouvement, ainsi qu'il le faut, si l'on veut établir que deux forces concourantes ont nécessairement une résultante.

rale n'est établie qu'à la faveur de constructions et d'artifices très particuliers (42).

Ce n'est pas que nous contestions avec quelques géomètres la force logique et probante des tours de démonstration dont il s'agit. Les postulats dont ils impliquent la concession se ramènent tous en définitive, d'une part à cet axiome suprême qui ne permet pas à la raison d'admettre un défaut de symétrie dans les résultats quand tout est symétrique dans la disposition des données (68); d'autre part au principe de la superposition des équilibres, qui veut que, lorsqu'un système est en équilibre, on puisse, sans troubler l'équilibre, y introduire ou y supprimer des forces qui se font séparément équilibre. Prétend-on que l'expérience seule est capable de nous instruire de cette vérité? On le peut sans doute, puisque ceux qui admettent un axiome comme axiome, renoncent par cela même à le démontrer, et par conséquent à l'imposer à ceux qui en contestent l'évidence : seulement, lorsqu'on exige que l'expérience intervienne pour justifier de pareilles propositions, il est clair que l'on renonce à faire de la statique autre chose qu'une science expérimentale d'un bout à l'autre, puisqu'il n'y a pas dans cette science de conséquence rationnelle dont on ne puisse aussi justement contester la légitimité, en arguant de l'ignorance où nous sommes de la nature et du mode d'action des causes physiques qui produisent le mouvement ou l'équilibre.

95. — Sans doute, lorsqu'on passe à l'application, il n'y a pas de proposition de statique qui ne demande à être vérifiée par l'expérience : en ce sens que nous ignorons *a priori* si telle disposition ne modifiera pas

les conditions physiques du développement et de l'action des forces qui sont en jeu, au point de troubler l'équilibre, là où les axiomes de la statique et les théorèmes qui s'en déduisent, *more geometrico,* assureraient l'équilibre, sans l'intervention de cette cause perturbatrice. Ainsi, nous concevons bien que des agents physiques (des courants électriques, par exemple), pourraient s'influencer l'un l'autre, quoique agissant dans le même sens, de manière que la force statique résultant de leurs actions combinées ne fût plus la somme des forces statiques que ces agents développeraient isolément, de même que la traction exercée par deux poids réunis est la somme des tractions que chaque poids exercerait à lui seul. Mais, quand l'expérience nous offrira un fait de ce genre, nous le noterons comme une particularité physique dont il faut chercher l'explication, en la rattachant aux principes et aux règles de la statique rationnelle, bien loin qu'il infirme à nos yeux l'autorité de ces principes et de ces règles.

Au surplus, ceux qui contestent les axiomes à la faveur desquels se font en statique les démonstrations du principe du parallélogramme des forces ou du principe du levier, doivent à plus forte raison reconnaître qu'il n'est pas permis, comme quelques-uns l'ont cru, de fonder la statique sur la cinématique et de passer, sans expérience confirmative, d'une règle purement géométrique pour la composition des mouvements simultanés, à une règle pour la composition des forces dans le cas où il n'y a plus de mouvement du tout.

Si ces réflexions satisfont l'esprit du lecteur, il en

faudra conclure que la statique, en tant que théorie rationnelle, basée sur le principe du parallélogramme des forces ou sur celui de l'équilibre du levier, est bien une théorie mathématique inattaquable, dans l'ordre d'abstractions où les mathématiques se placent, mais qui offre pourtant cette singularité, que chacun des deux principes fondamentaux, quoique susceptible de démonstration rigoureuse, exige certains artifices de démonstration, incompatibles avec l'idée que la raison se fait d'un principe fondamental : d'où il résulte que quelques esprits préféreraient les employer à titre de postulats, comme Euclide l'a fait en géométrie pour un principe analogue (27), tandis que d'autres seraient plus portés à les admettre à titre de faits d'expérience.

Nous allons voir comment un troisième principe, tiré de la notion des dépenses de force, de l'idée de la force vive ou du travail (83 *et suiv.*), intervient pour suppléer aux imperfections des deux autres, et pour compléter par là les fondements de la statique mathématique.

96. — On doit d'abord admettre, comme une règle évidente, qu'il faut la même dépense de force, pour élever d'un mètre un poids de deux kilogrammes, ou pour élever de deux mètres un poids d'un kilogramme, l'une et l'autre dépense se résolvant en deux autres, employées chacune à élever d'un mètre un poids d'un kilogramme. La possibilité physique de cette résolution, qui rend la règle évidente, suppose sans doute que le poids et que la dépense de force sont des quantités divisibles; que, par exemple, le poids de deux kilogrammes qu'il s'agit d'élever est celui de deux

litres d'eau qu'on peut à volonté élever ensemble ou séparément, dans le même vase ou dans des vases distincts, et que pareillement la dépense de force est fournie par la détente de deux ressorts dont chacun, pris à part, est capable de remonter d'un mètre un poids d'un kilogramme, et dont les actions s'ajoutent, sans s'influencer, quand on juge à propos de les faire agir simultanément. Maintenant il est clair que la solidification des deux litres d'eau, en changeant les conditions physiques de leur divisibilité, ne change rien à leur poids ni à la dépense de force nécessaire pour les élever à une hauteur donnée; mais si, au lieu des ressorts pris pour exemple, il s'agissait d'une dépense de force animale, qui s'effectue pour ainsi dire tout d'une pièce, et dont les éléments sont plus ou moins solidaires les uns des autres, le principe perdrait de son évidence et cesserait même d'être vrai : car assurément tel homme qui peut, par le déploiement de sa force musculaire, à l'aide d'une simple poulie de renvoi ou de toute autre manière, élever aisément de cent mètres un poids de dix kilogrammes, n'élèverait pas d'un mètre un poids de mille kilogrammes. Mais, ce qu'il ne peut faire directement, il le fera indirectement, en élevant par exemple à cent mètres dix kilogrammes d'eau, dont on conçoit que la chute, équivalant comme travail mécanique à mille fois le travail d'un kilogramme descendant d'un mètre, pourra servir à faire remonter d'un mètre un poids de mille kilogrammes d'eau. Moyennant cette restriction et cette explication, la règle énoncée a toute l'évidence d'un axiome, et il en résulte que généralement les dépenses de forces peuvent se mesurer par

le produit de deux nombres dont l'un exprime un poids et l'autre la hauteur à laquelle on élèverait le poids, au moyen de la dépense de force qu'il s'agit de mesurer (86).

97. — De cette notion de la mesure des dépenses de force et de l'axiome invoqué au n° 85, on conclut immédiatement le principe de l'équilibre du levier ou du treuil qui n'est qu'une forme de levier, mieux appropriée à notre explication. Soient les poids P, Q suspendus à des cordes qui s'enroulent, l'une sur la grande roue du treuil, l'autre sur l'arbre ou le cylindre concentrique dont nous supposerons, pour fixer commodément les idées, le rayon égal à la moitié de celui de la grande roue; nous disons que ces poids doivent se faire équilibre si le poids Q est justement le double du poids P, celui-ci étant, par exemple, d'un kilogramme et l'autre de deux kilogrammes. Admettons en effet, pour un moment, que l'équilibre n'ait pas lieu, et qu'il faille ajouter au poids P quelque chose comme vingt grammes pour établir l'équilibre. Si donc l'on n'ajoutait que dix grammes au poids P, le poids Q l'emporterait encore, et attendu que le rayon de la grande roue est double du rayon de l'arbre, le poids Q ne pourrait descendre d'un mètre sans faire remonter de deux mètres le poids P, et en sus le poids additionnel; c'est-à-dire que, par l'intervention d'un appareil inerte tel que le treuil, un poids de deux kilogrammes descendant d'un mètre serait capable de remonter plus d'un kilogramme à la hauteur de deux



mètres, ou plus de deux kilogrammes à la hauteur d'un mètre. En d'autres termes, cet appareil inerte servirait à reproduire plus de force disponible qu'on n'en consomme, ou à augmenter indéfiniment la quantité de force disponible. La même absurdité se reproduirait si l'on supposait que l'équilibre du treuil exige qu'on surcharge le poids Q d'un poids additionnel.

Un raisonnement tout à fait semblable conduit au principe de l'équilibre du *plan incliné*, dont la liaison avec la règle du parallélogramme des forces ressort des plus simples notions de la géométrie.

Ainsi se trouvent rattachés à une souche unique les deux principes d'équilibre dont les rôles en statique offrent une symétrie si remarquable, et qui peuvent être pris indifféremment l'un ou l'autre pour fondement de cette science, parce que l'un se déduit de l'autre, mais non sans laisser désirer quelque chose à la raison qui aspire en tout à l'unité, et qui ne se tient pas pour satisfaite tant qu'il faut revenir à une démonstration compliquée pour établir une règle fondamentale.

98. — L'idée première une fois saisie, sur des exemples très simples comme ceux que nous avons choisis, il s'agit de la généraliser et d'en approprier l'énoncé à tous les cas possibles, ce qui est un détail de géométrie, assurément fort important, mais dont nous n'avons pas à nous occuper ici. Il paraît qu'on doit rapporter à Descartes et à Wallis l'honneur d'avoir cherché les premiers la raison et le principe de l'équilibre des machines, dans l'équivalence qui devrait avoir lieu entre les quantités de force dépensable

créées et consommées, si l'on admettait que la machine prît un mouvement, dans un sens ou dans l'autre. Avant Descartes et Wallis, Guido Ubaldi et Galilée avaient en Italie aperçu et signalé le même principe, mais en l'énonçant autrement et en le donnant (suivant la remarque de Lagrange) plutôt *pour une propriété générale de l'équilibre* que *pour la vraie cause de l'équilibre* [1], c'est-à-dire en le présentant plutôt comme un corollaire que comme un principe. Il était réservé à Lagrange lui-même de faire voir comment, le principe une fois admis, la solution de tous les problèmes d'équilibre, et par suite la solution de tous les problèmes de mécanique s'en déduit à l'aide d'une méthode élégante, uniforme, sans qu'il faille recourir à aucune construction nouvelle, à aucun artifice particulier, ainsi que cela doit arriver quand on a été assez heureux pour saisir dans une science le principe suprême et générateur d'où tout le reste dérive, et qui donne la clef de tous les cas particuliers.

99. — Or, n'est-il pas naturel de regarder comme un principe plutôt que comme un corollaire, et comme *la vraie raison de l'équilibre* (en corrigeant un seul mot, pour plus de justesse, dans les expressions de Lagrange rapportées ci-dessus) plutôt que comme *une propriété générale de l'équilibre*, une proposition qui non seulement résume, confirme et complète les divers principes qui ont été successivement employés comme autant de fondements de la statique, mais d'où découlent encore, par une méthode générale et uniforme, les solutions de toutes les questions particulières? L'or-

[1] *Mécanique analytique*, tome Ier, pag. 20 et suiv. de la 2e édition.

ganisation d'une science ne présenterait-elle pas quelque chose d'étrange, si la méthode directe, c'est-à-dire celle qui tirerait immédiatement les conséquences des principes d'où elles émanent, était moins simple, moins élégante, et partant moins parfaite que celle qui prend son point de départ dans un corollaire éloigné des premiers principes? Remarquons bien qu'il s'agit ici d'une des questions qui tiennent à la philosophie des sciences, et dont le sens philosophique décide, mais pour lesquelles il n'y a pas de démonstrations logiquement rigoureuses, ni de réduction à l'absurde, c'est-à-dire à la contradiction, comme celles que les géomètres affectionnent (66). Mais, d'un autre côté, ce n'est point une vaine dispute de mots, c'est au contraire une question philosophique d'un intérêt réel, que celle de savoir quelle est, de plusieurs notions qui s'enchaînent, celle qu'on doit regarder comme l'idée première et génératrice. Nous avons tâché de mettre en relief les motifs qui peuvent décider le lecteur pour l'idée qui rend le mieux compte de l'économie de la science et de ses applications. La portée de nos observations sera encore bien mieux comprise quand on verra, dans la suite de ce livre, qu'il s'agit d'un principe qui domine, non seulement la mécanique proprement dite, mais la physique tout entière.

CHAPITRE III.

DES IDÉES DE MATIÈRE, DE MASSE ET D'INERTIE.

100. — L'expérience la plus familière nous apprend que les objets qui affectent nos sens d'une manière si variée, et auxquels nous donnons le nom de *corps* quand nous voulons les désigner par une appellation commune, sont sujets, non seulement à se déplacer, mais encore à changer de dimensions, de figure, d'aspect et d'état, et même à périr dans leur individualité par la désagrégation et la dispersion de leurs parties. Ce qui persiste après le changement ou la destruction du corps, en restant inaltérable dans la collection des parties, est ce que nous nommons la MATIÈRE, car, telle est la constitution de notre esprit, que nous sommes naturellement portés à concevoir quelque chose d'absolu et de persistant dans tout ce qui se manifeste à nous par des qualités relatives et variables, et que, naturellement aussi, notre langage s'accommode à la forme habituelle et nécessaire de nos conceptions. Par analogie ou par extension, le mot de *matière* a pris d'ailleurs, dans la langue commune et dans le discours philosophique, des acceptions très diverses; mais nous n'avons à l'envisager ici que dans son acception purement physique.

101. — Cependant il faudrait bien reconnaître que le penchant de notre esprit nous abuse, et que l'idée de matière ne correspond à rien de réel hors de l'es-

prit qui la conçoit, s'il était prouvé que, dans des circonstances convenables, les corps peuvent être anéantis ou détruits sans qu'il en reste rien. Alors la tâche du physicien serait de définir avec précision les circonstances de cette destruction, et les corps ne cesseraient pas pour cela de nous présenter le spectacle de phénomènes liés et bien ordonnés, *phænomena bene ordinata*, selon l'expression de Leibnitz. La véracité du rapport des sens n'en serait nullement compromise, car ce ne sont point les sens qui nous donnent cette idée d'un *substratum* ou d'un soutien insaisissable et indestructible de toutes les apparences et de toutes les qualités destructibles que nos sens saisissent [1]. Au contraire, si l'on se contentait d'interpréter grossièrement les rapports des sens, on se figurerait qu'un corps consumé par le feu est totalement anéanti, que la diminution du liquide qui remplit un vase est la marque d'une déperdition de matière; et ainsi pour d'autres cas analogues. Il a fallu qu'une observation minutieuse et méthodiquement dirigée enseignât aux modernes que, dans tous les changements d'état des corps, résultant des actions qu'ils exercent les uns sur les autres, ou de l'influence d'autres agents naturels, s'il en existe, il y a toujours (nonobstant certaines apparences trompeuses) quelque chose de persistant et d'absolument invariable, à savoir le poids; pourvu, bien entendu, que toutes les pesées se fassent à la

[1] « Si corpora mera essent phænomena, non ideo fallerentur sensus. Neque enim sensus pronuntiant aliquid de rebus metaphysicis. Sensuum veracitas in eo consistit, ut phænomena consentiant inter se, neque decipiamur eventibus, si rationes experimentis inædificatas probe sequamur. » LEIBNITZ, édit. Dutens, t. II, p. 519.

même latitude et à la même hauteur au dessus du niveau des mers: autrement, le poids cesse d'être quelque chose d'invariable, ainsi qu'on le dira plus loin. De telle sorte que, si l'on recueille soigneusement tous les produits nouveaux qui ont pu se former, toutes les particules intégrantes du corps qui s'est en apparence évanoui, la balance accusera ce fait capital, que le poids total est resté le même, sans augmentation ni déchet, ou du moins que le poids total n'a subi que des variations irrégulières et si faibles, qu'on doit les imputer aux erreurs inséparables de l'expérimentation. Voilà l'expérience fondamentale et décisive d'où il résulte que l'idée de *substance*, dans l'application que nous en faisons aux corps que nous pouvons soumettre à nos pesées, n'est pas seulement une abstraction logique, une fiction de notre esprit, et qu'elle a au contraire sa raison et son fondement dans l'essence des corps, quoique nous soyons condamnés à ignorer toujours en quoi cette essence consiste. Or, l'idée de matière n'est pas autre chose que l'idée de substance appliquée aux corps, ou l'idée de cette *quiddité* inconnue qui reste invariable et indestructible, malgré tous les changements de forme, d'agrégation moléculaire, de composition chimique et d'organisation.

102. — Imaginons qu'à l'aide d'un ressort écarté de sa position d'équilibre, on donne une impulsion horizontale à un globule de plomb supporté par un plan horizontal qui détruit l'action de la pesanteur sur ce globule : on lui imprimera ainsi une vitesse constante qui pourra être mesurée. Soudons à ce globule un autre globule parfaitement semblable, puis

deux, trois, quatre globules, et supposons que l'on écarte toujours le ressort de la même manière, pour que les conditions de l'action qu'il exerce soient identiques : on trouvera que la vitesse imprimée devient successivement la moitié, le tiers, le quart, le cinquième de celle que prenait d'abord le globule isolé, la quantité de matière ou la *masse* à mouvoir étant devenue successivement double, triple, quadruple, quintuple de ce qu'elle était dans l'expérience primitive.

A la vérité, pour constater exactement ce résultat, il faudrait faire en sorte que le corps, en se mouvant sur le plan, n'éprouvât aucun frottement appréciable; car le frottement, la résistance de l'air, etc., sont autant de causes perturbatrices qui compliquent et masquent la loi principale qu'il s'agit d'établir ou de vérifier. Mais, en voyant que cette loi si simple se vérifie d'autant mieux qu'on a mis plus de soins à atténuer l'influence des causes perturbatrices, on ne peut pas douter qu'elle se vérifierait exactement, si l'on parvenait à s'affranchir tout à fait de cette influence. D'ailleurs il ne s'agit pas maintenant pour nous d'examiner quel est le degré de précision que l'expérience comporte, ni quels sont les procédés pratiques d'expérimentation : il est uniquement question de faire concevoir qu'il y a là matière à expérimentation, et de fixer le point sur lequel l'expérience ou l'observation peut porter.

103. — L'action exercée par le ressort est du genre de celles qui s'accomplissent dans un temps si court, qu'on a pu les prendre, quoique à tort, pour des actions instantanées. Supposons qu'au lieu de l'im-

pulsion d'un ressort on emploie l'action d'un aimant pour ébranler un globule de fer dont on observera le mouvement horizontal, en notant l'espace décrit pendant un temps extrêmement court (55), quand le globule et l'aimant sont séparés par un intervalle déterminé. Soudons au globule de fer un globule de plomb sur lequel l'aimant n'a pas d'action directe, et en tenant l'aimant à la même distance, donnons par des tâtonnements au globule de plomb un volume tel que l'espace décrit soit réduit à moitié; puis ajoutons successivement au globule de fer deux, trois, quatre globules de plomb parfaitement semblables : nous trouverons que l'espace décrit devient successivement le tiers, le quart, le cinquième de ce qu'il était quand le globule de fer n'avait point d'appendice à traîner avec lui : ce qui est parfaitement d'accord avec les résultats de l'expérience faite au moyen du ressort, et ce qui nous montre en outre que le globule de fer, dont le volume n'est pas le même que celui du globule de plomb, se comporte comme s'il avait la même masse. On peut d'ailleurs vérifier que la même impulsion communique à l'un et à l'autre globule des vitesses égales, et qu'ils ont précisément le même poids.

L'observation la plus vulgaire nous apprend que les particules matérielles dont un corps est formé peuvent être agrégées diversement, de manière à laisser entre elles plus ou moins de vides ou d'intervalles; nous voyons que le même corps change de volume selon sa température et selon la compression à laquelle on le soumet : en sorte qu'il nous est très facile de concevoir comment, sous le même volume, peuvent se trouver des quantités de matières ou des masses inégales.

Il ne suit pas de là nécessairement que la raison de l'inégalité de masse des globules de fer et de plomb, sous le même volume, la même pression et la même température, tienne uniquement à la plus ou moins grande abondance de vides ou d'intervalles. Il suffit que des expériences du genre de celles que nous avons indiquées constatent entre ces corps qui paraissent différer essentiellement, jusque dans leurs dernières particules, une inégalité de masse sous le même volume : inégalité dont les effets mécaniques sont absolument les mêmes que ceux qui résultent d'un plus ou moins grand rapprochement des particules, dans les corps dont les particules ont exactement les mêmes propriétés et paraissent être parfaitement similaires. Or, toutes les expériences que nous pourrions faire, non plus seulement sur le plomb et le fer, mais sur tous les corps de la Nature, non plus seulement en employant pour les mouvoir l'action d'un ressort ou celle d'un aimant, mais en mettant en jeu toute autre action mécanique, nous offriraient des résultats parfaitement concordants, nous donneraient pour les masses comparées des divers corps ou particules matérielles les mêmes évaluations numériques, et nous montreraient en outre, d'accord en cela avec les expériences de pesées (101), que la masse d'un corps est quelque chose d'invariable et d'absolument indestructible. De quelque manière qu'on désagrège les particules d'un corps, si l'on en recueille avec soin toutes les parties dispersées, on pourra s'assurer par des expériences du genre de celles qui viennent d'être indiquées, que la masse totale n'a subi aucune altération.

De là il résulte que la pesanteur agit de la même manière sur toutes les particules d'égales masses, ou que l'énergie avec laquelle la pesanteur tend à mouvoir un corps est précisément en raison de la masse à mouvoir, ou bien enfin que les poids sont toujours proportionnels aux masses, résultat bien important au point de vue de la physique expérimentale. Car, autant les expériences pour la mesure directe des masses par le moyen de l'observation des vitesses (expériences qu'il fallait indiquer en vue de l'enchaînement logique des explications) rencontrent de difficultés et d'obstacles dans la pratique, autant l'opération de la pesée comporte de précision, et par conséquent c'est la seule qui s'effectue réellement. C'est par l'invariabilité des poids relatifs ou l'invariabilité du poids absolu (à la même latitude et à la même hauteur au dessus du niveau des mers) que l'on constate effectivement le principe le plus capital de la physique, à savoir l'indestructibilité de la masse; mais il n'en est pas moins indispensable de bien distinguer la notion de la masse de la notion du poids, car la théorie et l'observation nous enseignent que l'intensité de la pesanteur varie, et que par suite les poids de tous les corps varient avec la latitude et la hauteur; de sorte qu'en ce sens le poids est quelque chose d'accidentel au corps et qui peut changer, diminuer même jusqu'à s'évanouir, tandis que la masse, qui est quelque chose d'inhéren et d'essentiel aux corps, ne change jamais.

Ainsi donc, de même que la notion vulgaire que nous avons des corps suppose la notion que le sens intime nous donne de l'effort que nous exerçons pour les mouvoir, ou de la résistance qu'ils opposent à

nos propres mouvements (81), de même l'idée scientifique de matière ou de masse ne peut se définir que par l'idée de poids, c'est-à-dire d'un genre spécial de force, ou plus généralement et plus philosophiquement, par l'idée d'une cause motrice ou d'une force quelconque. Il est donc bien vrai de dire que ces deux idées de force et de matière, dans toutes les phases de leur évolution, se soutiennent et s'impliquent l'une l'autre. Nous verrons dans toute la suite de nos recherches cette *dualité* se manifester, et il n'y a pas de fait plus capital, ni sur lequel il faille plus spécialement attirer l'attention des lecteurs réfléchis, les seuls assurément qui puissent nous suivre avec patience dans cette minutieuse, mais indispensable analyse.

105. — Dans une foule de circonstances, les corps sont manifestement inertes, c'est-à-dire qu'ils ne se mettent en mouvement que sous l'action d'une force extérieure et apparente; dans d'autres cas il semble que les corps, même privés de tout principe de vie, se déplacent d'eux-mêmes ou sont agités d'un mouvement intérieur; et enfin la faculté du mouvement ou de l'arrangement spontané paraît caractériser les corps vivants, quelque obscures que soient en eux les traces de la vie et de l'organisation. Mais tout cela change avec les circonstances extérieures et la constitution intime du corps : tandis que ce qui persiste dans les éléments des corps, ou dans ce que nous nommons la matière, c'est l'*inertie*, à savoir la propriété de rester en repos tant qu'une force extérieure et apparente ne vient pas les solliciter, et de se mouvoir dès qu'une telle force les sollicite. Voilà comment, sans rien préjuger sur l'inertie ou sur l'activité des êtres complexes

auxquels nous donnons le nom de corps, on est autorisé à dire que la matière est inerte; et dès lors il n'y a rien de plus naturel ni de plus conforme à la subordination observée entre les phénomènes, que de concevoir une force qui, en agissant sur la matière, lui imprime l'activité et le mouvement, même dans les cas où nous ne sommes plus frappés de l'action d'une force extérieure et apparente.

Par exemple, un barreau de fer peut acquérir ou perdre la propriété magnétique en vertu de laquelle il semble s'orienter de lui-même; un œuf acquiert par la fécondation et perd par l'influence d'une trop haute température les qualités vitales en vertu desquelles le germe se développe et l'embryon s'organise : mais, outre ces qualités spéciales qui peuvent s'acquérir et se perdre, le barreau et l'œuf en ont une qui ne se perd pas, et qui leur est commune avec un barreau de plomb ou de zinc, avec un globe d'argile ou de marbre : à savoir celle de se mouvoir par l'intervention d'une force extérieure, et seulement en vertu de cette intervention, absolument comme pourrait le faire tout autre corps de même figure et de même masse. Voilà une propriété essentielle aux corps, ou attachée à ce qu'il y a en eux de fondamental et d'indestructible : c'est donc une propriété de la matière. Le principe de l'inertie de la matière ne peut pas avoir en physique un autre sens : il est l'expression pure et simple de ce que l'expérience nous a appris sur la manière dont se subordonnent les uns aux autres les phénomènes que nous présente le monde matériel. Nous allons plus loin, il est vrai, et nous outre-passons les strictes conclusions de l'ex-

périence, lorsque nous admettons qu'en tout cas l'élément matériel, au lieu de posséder la force en lui-même, en subit l'action, comme si l'élément matériel et la force devaient nécessairement être conçus chacun à part et indépendamment l'un de l'autre. Le principe de l'inertie de la matière ainsi entendu n'est plus qu'une hypothèse métaphysique dont le contre-pied consiste à n'admettre que des forces et des monades essentiellement actives, pour l'explication de tous les phénomènes du monde matériel. Mais le moment n'est pas encore venu d'analyser cette partie transcendante de la philosophie naturelle : nous nous bornons ici à exposer les principes incontestables de la mécanique physique.

106. — L'expérience nous enseigne que l'inertie de la matière consiste non seulement à rester dans l'état de repos, quand aucune force ou cause de mouvement ne la sollicite, mais à persévérer dans l'état de mouvement et à continuer de se mouvoir, d'un mouvement *rectiligne* et *uniforme*, quand nulle force ou nul obstacle extérieur ne viennent arrêter son mouvement ou en changer, soit la vitesse, soit la direction. De là cette différence capitale, que nous avons déjà signalée (35), entre la théorie du mouvement, au point de vue géométrique, et la mécanique physique. On dit en conséquence que l'inertie de la matière consiste dans l'*indifférence* au repos et au mouvement, de sorte que cette qualité des corps que l'on nomme la *mobilité*, ne doit pas être considérée comme une qualité distincte, mais seulement comme une suite de l'inertie de la matière.

CHAPITRE IV.*

DU PASSAGE IMMÉDIAT DE LA THÉORIE GÉOMÉTRIQUE DU MOUVEMENT A LA THÉORIE PHYSIQUE DU MOUVEMENT DES CORPS. — DU PASSAGE DE LA STATIQUE A LA THÉORIE PHYSIQUE DU MOUVEMENT. — DE LA VALEUR ET DU RÔLE DES PRINCIPES DE LA MÉCANIQUE PHYSIQUE DANS LA PHILOSOPHIE NATURELLE.

107. — Le passage des vérités abstraites de la géométrie aux principes fondamentaux de la physique et de la philosophie naturelle peut avoir lieu de deux façons : suivant que l'on se propose de rattacher directement la théorie physique des mouvements des corps à la cinématique, c'est-à-dire à la théorie géométrique des mouvements, abstraction faite des forces qui les produisent; ou suivant que l'on se propose au contraire de s'appuyer sur la statique qui a pour objet la composition et l'équivalence des forces quand aucun mouvement n'a lieu. De là deux systèmes qui ont partagé les géomètres philosophes plutôt que les physiciens : car il est tout simple que ceux-ci ne se fassent aucun scrupule d'employer concurremment, dans l'explication des phénomènes de la Nature, toutes les idées qui semblent familières et naturelles à l'homme; et que ceux-là attachent plus d'importance à réduire autant que possible le catalogue des idées premières et indéfinissables, le nombre des postulats et des données empiriques (27). Il faudrait opter

* Même observation que pour le chapitre II de ce deuxième livre.

entre l'un ou l'autre système si nous avions à écrire un Traité élémentaire et didactique : mais la nature et le but de ce livre nous semblent exiger au contraire que nous les exposions tous deux séparément, pour que l'on saisisse mieux en quoi ils coïncident et en quoi ils diffèrent; ce qui procurera, à ce que nous croyons, le dénouement le plus simple de toutes les complications qu'amène ordinairement la controverse.

Premier Système.

108. — *Loi de l'indépendance des mouvements.* Cette loi très remarquable, constatée par l'expérience, consiste en ce que les différents mouvements que prendrait un même corps soumis à des actions diverses, subsistent à la fois, sans se gêner ni s'altérer mutuellement, lorsque le corps subit à la fois toutes les actions dont on avait pu observer les effets isolés. Ainsi, un corps tombe verticalement en vertu de la pesanteur, d'un mouvement uniformément accéléré; le même corps soustrait à l'action de la pesanteur, ou supporté par un plan horizontal dont la résistance en détruit les effets, se meut d'un mouvement uniforme et rectiligne lorsqu'on lui donne une impulsion et qu'ensuite on l'abandonne à lui-même, en ayant grand soin d'éviter tous les obstacles qui pourraient détruire ou ralentir son mouvement : mais, si le corps qui a reçu l'impulsion reste soumis à l'action de la pesanteur, les deux mouvements, l'un uniforme, l'autre uniformément accéléré, subsisteront ensemble sans se gêner ni s'altérer l'un l'autre, et se composeront, d'après les règles de la cinématique, de manière

que le mobile décrira dans l'espace la courbe connue sous le nom de *parabole*. Au moyen de cette observation généralisée, la notion de la combinaison ou de la composition de plusieurs mouvements indépendants, qui n'était en cinématique qu'une conception abstraite, devient un principe de la physique, applicable aux phénomènes où diverses causes de mouvement, qui ont chacune leurs lois propres, et qui pourraient agir chacune à part, entrent simultanément en action.

Ce principe comprend comme cas particulier, quoique très important, celui où les divers mouvements sont dirigés suivant la même ligne droite, comme si le corps soumis à l'action de la pesanteur avait reçu en outre une impulsion, de haut en bas ou de bas en haut : alors les vitesses et les espaces décrits doivent s'ajouter ou se retrancher, selon que les vitesses composantes sont de même sens ou de sens contraires.

109. — Sous l'influence d'une même cause physique, comme le choc d'un ressort, l'action d'un aimant sur un globule de fer soudé à des globules de plomb, la vitesse imprimée au système matériel est en raison inverse de sa masse (102 *et* 103) : nous ne pouvons donc pas apprécier, par la vitesse seule, le degré d'intensité ou d'énergie de l'action qui met le système en mouvement; mais le produit de la masse par la vitesse, ou ce que l'on nomme la *quantité de mouvement*, est une grandeur qui ne change pas, quelle que soit la masse ébranlée, quand rien n'est changé dans l'énergie et dans le mode d'action de la cause qui produit le mouvement. Par conséquent cette grandeur pourrait nous servir à fixer et à graduer

l'intensité de l'action motrice, sans que nous eussions besoin d'examiner si l'action physique qui détermine le mouvement est en elle-même une grandeur mesurable : de même que la dilatation d'un fluide tel que l'air, le mercure ou l'alcool, nous sert à fixer et à graduer les températures, sans que nous ayons besoin de rechercher si les accroissements de température sont en eux-mêmes des grandeurs mesurables, ni, en cas d'affirmative, s'ils sont proportionnels aux dilatations de l'alcool, ou à celles du mercure, ou à celles de l'air.

Observons maintenant qu'il y a une manière de comparer directement entre elles les intensités des actions motrices, et de les rapporter à une commune mesure, en se passant de l'observation et de la mesure, soit des quantités de mouvement, soit de leurs accroissements élémentaires. Ainsi, l'on peut mesurer l'action de l'aimant sur un morceau de fer avec lequel il est en contact, en le tenant verticalement, et en suspendant au morceau de fer un grain de plomb, puis deux, puis trois, etc., jusqu'à ce qu'il se détache. Le poids du morceau de fer et des grains de plomb, qui fait équilibre à l'action magnétique, est une grandeur mesurable tout à fait propre à en déterminer l'intensité. Cette mesure s'accorde-t-elle avec celle des quantités de mouvement? voilà ce que l'expérience doit nous apprendre : mais déjà cette expérience se trouve explicitement ou virtuellement comprise parmi celles sur lesquelles se fonde le principe énoncé en premier lieu et que nous avons nommé la loi de l'indépendance des mouvements. En effet, si l'action magnétique et la pesanteur, ou deux autres

actions physiques quelconques, sont séparément capables d'imprimer à une même particule matérielle des vitesses égales, il doit arriver, lorsqu'elles opèrent en sens contraires, que les deux mouvements se détruisent l'un l'autre et que la particule ne se déplace pas. Et comme la réciproque est pareillement évidente, il s'ensuit que l'on peut indifféremment arriver, par l'une et par l'autre méthode, à la même détermination numérique de l'intensité des actions motrices. L'observation de l'état d'équilibre comporte pour l'ordinaire une plus grande précision : cependant on mesure, par l'observation des mouvements pendulaires, les variations d'intensité de la pesanteur, qu'il serait difficile de mesurer avec la même précision, si l'on songeait à équilibrer le poids d'un corps en employant l'action d'un ressort ou celle d'un aimant, ou toute autre action capable de contrebalancer celle de la pesanteur.

110. — *Principe de l'égalité de l'action et de la réaction.* Si l'on considère le système matériel formé de deux globules de fer et de plomb liés invariablement l'un à l'autre, la quantité de mouvement que l'action magnétique communiquerait au globule de fer s'il était seul, se répartit entre les deux globules en raison de leur masse : ce que le fer perd à cause de sa liaison avec le plomb qu'il est forcé d'entraîner avec lui, étant précisément ce que gagne la masse de plomb. Dans cette communication des mouvements, on peut dire que le fer et le plomb, quoique inertes l'un et l'autre, exercent, par le fait seul de leur liaison, une action l'un sur l'autre tout à fait comparable (quant à ses effets du moins) à celle que l'influence

magnétique exerce sur le fer, et à celle que la pesanteur exerce tant sur le fer que sur le plomb. Or, ces deux actions contraires qui correspondent à la quantité de mouvement perdue par l'un des globules et gagnée par l'autre, ont nécessairement la même mesure numérique, conformément au principe célèbre de l'*égalité de l'action et de la réaction*. Ce n'est pourtant pas un principe distinct, mais une conséquence évidente et nécessaire des lois déjà énoncées, tant qu'on se borne à considérer le cas où des corps, inertes par eux-mêmes, se communiquent (en vertu des liens matériels qui les unissent) une partie de la quantité de mouvement qui provient des actions exercées directement sur quelques-uns d'entre eux.

Mais le même principe est souvent pris dans un autre sens qui va au delà des strictes conséquences que l'on est autorisé à tirer des lois qui président à la communication des mouvements; en sorte que le principe ainsi entendu devient un principe indépendant, ou même (autant que quelques inductions peuvent nous le faire philosophiquement présumer) un principe plus haut placé et plus caché. Par exemple, si l'aimant attire le fer et si la masse de fer, quand elle est libre, va à la rencontre de la masse aimantée, le fer de son côté attire l'aimant et la masse aimantée se déplace aussi, quand elle est libre, pour marcher à la rencontre de la masse de fer; de plus, les quantités de mouvement, de signes ou de sens contraires, que prennent les deux masses remuées par cette action mutuelle, sont numériquement égales. Voilà bien une application du principe de l'égalité entre l'action et la réaction : cependant, telle est notre ignorance sur la

nature de la cause qui produit les mouvements observés, que nous ne concevons pas comment l'égalité qu'on remarque serait une conséquence nécessaire des lois qui règlent la communication du mouvement entre des masses inertes, unies par des liens matériels et apparents; et que nous ne voyons pas pourquoi il serait absurde, *a priori*, de supposer que l'aimant a la propriété de mettre le fer en mouvement, sans qu'il en résulte nécessairement pour le fer la propriété de remuer ou de tendre à remuer la masse aimantée. Si deux particules pondérables s'attirent mutuellement suivant la loi newtonienne, si deux boules chargées d'électricité *de même nom* se repoussent mutuellement, il y a là une symétrie de causes et d'effets qui suffit pour rendre compte de la réciprocité d'action : mais, lorsque l'aimant attire le fer, lorsqu'une boule chargée d'électricité positive attire une boule chargée d'électricité négative, lorsqu'un courant voltaïque agit sur une aiguille aimantée, la raison de symétrie, qui peut-être existe encore, ne nous apparaît pas, ou du moins, dans l'état de nos connaissances, ne se montre pas avec une clarté suffisante. En tout cas, cette raison de symétrie serait tout autre chose que le raisonnement qui suffit pour expliquer si simplement ce qu'on doit entendre par l'égalité entre l'action et la réaction lorsqu'il s'agit de la communication du mouvement entre des corps inertes, par suite des liens matériels qui les unissent. Toutes les fois que le principe de l'égalité entre l'action et la réaction n'est pas un simple corollaire des lois de la communication du mouvement, ou la suite d'une symétrie évidente, ce ne peut être pour nous

qu'un principe d'induction fondé sur une observation constante, et dont la raison profonde, qui tient à l'essence même des choses, nous échappe absolument.

111. — *Résolution des problèmes de la mécanique physique. Principe de d'Alembert.* Considérons un nombre quelconque de particules matérielles, dont chacune est sous l'influence d'une action motrice, déterminée quant à son intensité et à sa direction, de sorte que l'on serait en état d'assigner le mouvement que chaque particule devrait prendre, si elle était isolée ou sans liaison avec les autres : par suite des liaisons qui existent entre toutes ces particules, l'action que chacune d'elles subit a, pour ainsi dire, son retentissement dans tout le système, tellement que, pour déterminer le mouvement que prendra effectivement chaque particule, il faut tenir compte à la fois, et de l'action à laquelle elle est directement soumise et de l'influence indirecte qu'exercent sur elle, en vertu des liens du système, les actions subies par toutes les autres particules. Pour chaque molécule en particulier, on peut considérer le mouvement *imprimé* par l'action à laquelle elle est directement soumise, comme *composé* (d'après les règles que la cinématique enseigne pour la composition des mouvements) : 1° du mouvement *effectif* que la molécule doit prendre; 2° et d'un autre mouvement qui est *perdu* ou détruit par l'effet des liaisons qui assujettissent les diverses particules du système matériel. Dès lors il faudra que toutes les quantités de mouvement perdues se détruisent effectivement les unes les autres en vertu des liaisons subsistant entre les diverses parti-

cules du système. Si donc l'on parvient à déterminer d'après cette condition, tant en grandeur qu'en direction, les mouvements *perdus* par chaque particule, comme les mouvements *imprimés* par les actions extérieures sont censés connus en direction aussi bien qu'en grandeur, on pourra assigner, tant en grandeur qu'en direction, les mouvements *effectifs*, et le problème de mécanique sera ramené à dépendre d'un problème de cinématique. L'idée de ce rapprochement est due à d'Alembert, et c'est dans des termes parfaitement équivalents qu'il a énoncé le *principe* célèbre qui porte son nom. D'autres auteurs en ont modifié l'expression, pour l'approprier à leur système qui était de fonder la théorie physique du mouvement sur la statique : mais il convenait de restituer l'énoncé primitif.

112. — Nous terminerons ici ce que nous avions à dire sur le passage immédiat de la cinématique à la théorie physique du mouvement des corps. Nous avons tâché d'indiquer comment ce passage peut s'accomplir, sans qu'il soit besoin de faire intervenir la notion *de la mesure des forces* : car d'ailleurs, bien que nous ayons affecté (à l'exemple des auteurs qui sont partisans de ce système), d'éviter l'emploi du mot même de *force*, il est bien clair que, quand nous avons été obligé de parler de l'*action* de l'aimant sur le fer, de l'*action* du ressort qui se débande, de l'*action* de la pesanteur, etc., ce mot d'*action* était parfaitement synonyme de celui de *force*. Mais, lorsque nous entreprenons de donner une forme mathématique à l'explication des phénomènes que nous présentent les corps en mouvement, la définition mathéma-

tique, c'est-à-dire la *mesure*, peut porter, soit sur la force même, que l'esprit seul conçoit, ou dont l'idée est du genre de celles qu'on appelle métaphysiques, soit sur les vitesses ou sur les quantités de mouvement, qui sont des choses tombant sous nos sens. De là deux systèmes dans la philosophie de la mécanique, ou deux méthodes différentes d'exposition, dont l'une vient d'être présentée dans ce qu'elle a d'essentiel : nous devons maintenant passer à l'autre, en abrégeant encore plus les détails auxquels on peut suppléer par ce qui a été dit précédemment.

Second Système.

113. — *Principe de la proportionnalité des vitesses aux forces*. Du principe de l'indifférence de la matière au repos et au mouvement, il semble très naturellement résulter (et de fait il est établi par l'expérience) que l'action d'une force sur une particule matérielle aura absolument le même effet, soit que l'élément matériel se trouve en repos ou en mouvement à l'instant où la force agit sur lui. Donc, si la même force agit ou si plusieurs forces agissent successivement dans la même direction sur une même particule matérielle, les effets de ces actions successives s'ajouteront purement et simplement, et la vitesse acquise en fin de compte par la particule matérielle sera la somme des vitesses qu'elle aurait acquise à chaque fois par chaque action isolée, émanant de la même force ou de plusieurs forces distinctes.

On peut concevoir que les intervalles de temps qui séparent les instants où chaque force commence d'agir, décroissent indéfiniment, et le principe que l'on

vient d'énoncer, lequel ne dépend point de la grandeur de ces intervalles, subsistera toujours. Donc il subsistera encore à la limite, et lorsque toutes les forces commenceront d'agir au même instant physique. Considérons notamment le cas où toutes les forces seraient égales, en ce sens qu'elles imprimeraient toutes à la particule matérielle des vitesses égales, par leur action isolée; il faudra conclure de ce qui précède que la vitesse prise par la particule matérielle est proportionnelle au nombre des forces concourantes, ou proportionnelle à la grandeur de la force, si l'on entend par force double, triple, quadruple, etc., celle qui résulte de la réunion de deux, trois, quatre forces, dont chacune, en agissant séparément, imprimerait à la particule matérielle la vitesse prise pour unité. Tel est le sens du principe fameux de la proportionnalité des vitesses aux forces, que l'on regarde avec raison comme l'un des fondements de la mécanique physique, et que l'on peut aussi regarder comme une suite du principe de l'inertie de la matière.

114. — Nous avons supposé que les forces qui agissent successivement ou simultanément suivant la même ligne droite, sur la même particule matérielle, agissent toutes dans le même sens; mais elles pourraient aussi agir, les unes dans un sens, les autres dans le sens directement contraire; et alors la vitesse acquise en fin de compte par l'élément matériel, au lieu d'être la somme des vitesses que chaque force imprimerait en agissant seule, serait la différence de deux sommes, l'une comprenant les vitesses dirigées dans un sens, l'autre comprenant les vitesses dirigées en sens contraire. L'une et l'autre conséquence tien-

nent de la même manière au principe que la matière est indifférente au mouvement comme au repos. Supposons qu'il n'y ait que deux forces agissant en sens contraires, et que ces forces soient égales, en ce sens qu'elles imprimeraient (en agissant seules) des vitesses égales à la particule matérielle : il arrivera que les deux mouvements opposés se détruiront, ou que les deux forces s'équilibreront mutuellement. Il suit de là que la mesure des forces par les vitesses qu'elles impriment à la même particule matérielle doit cadrer avec la mesure statique des forces. Cet accord entre les deux manières de mesurer les forces, l'une directe qui consiste à opposer une force à une autre, l'autre indirecte qui consiste à comparer les vitesses par elles imprimées à un même corps, est un fait capital en mécanique. Il faut que l'expérience le constate, ou bien il faut que le raisonnement le conclue du principe de l'inertie de la matière, regardé à son tour, soit comme un fait d'expérience, soit comme un axiome de la raison. On peut bien, il est vrai, dans le système que nous avons exposé en premier lieu, se dispenser d'énoncer le principe de la proportionnalité des vitesses aux forces; mais alors on est tenu de mettre à la place un principe parfaitement équivalent, celui que nous avons nommé le principe de l'indépendance des mouvements.

C'est donc une grave erreur philosophique que celle où tombe d'Alembert lorsqu'il regarde le principe de la proportionnalité des forces aux vitesses « comme appuyé sur cet unique axiome, vague et obscur, que l'effet est proportionnel à sa cause, » en ajoutant que ce principe « vrai ou douteux, clair ou obscur, est

inutile à la mécanique, et que par conséquent il doit en être banni [1] »; car on ne saurait l'en bannir qu'en l'y réintroduisant sous une forme équivalente. Une idée diamétralement opposée à celle de d'Alembert, mais que les géomètres n'ont pas plus acceptée, est celle de Poisson, qui a cru que le principe en question peut se démontrer comme un théorème de géométrie infinitésimale, par la seule vertu du calcul [2].

115. — *Principe de la réciprocité des vitesses aux masses. Quantités de mouvement. Force d'inertie. Principe de l'égalité de l'action et de la réaction.* De même que les vitesses imprimées à une même masse par des forces inégales, agissant de la même manière et pendant le même temps, sont en raison directe des forces, ainsi les vitesses imprimées à des masses inégales par la même force, agissant de la même manière et pendant le même temps, sont en raison inverse des masses. Pour montrer que la proposition n'impliquerait aucune tautologie, même quand nous n'aurions pas le secours de la mesure des masses au moyen des poids, supposons qu'il ait été constaté que des particules matérielles ont des masses égales (attendu que, si on les soumet isolément à l'action d'une même force, elles prennent toutes dans les mêmes circonstances la même vitesse, *soit* celle de douze mètres par seconde) : il faudra, en vertu du principe, que la même force, ou toute autre force égale, imprime dans les mêmes circonstances au système formé de

---

[1] Discours préliminaire du *Traité de Dynamique*, page XII de l'édition de 1758.

[2] *Traité de Mécanique*, 2e édition, t. I, page 213.

l'agglomération de deux de ces molécules la vitesse de six mètres par seconde, au système formé de l'agglomération de trois molécules, la vitesse de quatre mètres par seconde, et ainsi de suite. Nous sous-entendons d'ailleurs la condition que l'on puisse considérer les particules, et même les agglomérations qu'on en forme, comme autant de corpuscules de dimensions si petites, que leur configuration n'a pas d'influence sensible sur la nature du mouvement que les forces leur impriment : puisque ce n'est qu'après avoir étudié les lois de l'action des forces sur des éléments ainsi définis, que l'on peut tenir compte des particularités qui dépendent de la configuration et du mode de distribution de la masse des corps sur lesquels les forces agissent.

Or, l'expérience est d'accord avec les résultats énoncés ci-dessus, et par conséquent avec le principe de la réciprocité des vitesses aux masses. D'ailleurs cette règle paraît être une suite nécessaire des principes précédents et de la notion de l'inertie de la matière, d'où ces principes émanent tous. Car il est permis de regarder la force qui agit sur le groupe de deux molécules comme la somme de deux forces égales entre elles, dont chacune agissant isolément serait, en vertu de la proportionnalité des vitesses aux forces, capable d'imprimer à chacune des particules la vitesse de six mètres par seconde. Pour qu'il en fût autrement lorsque les deux molécules sont liées entre elles, et que les deux forces agissent simultanément, il faudrait, ou que les actions des deux forces s'influençassent mutuellement, ce qui va contre le principe de la proportionnalité des vitesses aux forces, ou que

l'agglomération des particules eût une influence incompatible avec la notion que nous nous faisons de l'inertie essentielle à la matière ou au *substratum* indestructible des corps, puisque (par hypothèse) cette influence ne serait pas du genre de celles qui dépendent de la configuration géométrique d'un système de molécules passives, et qui changent quand la structure du système vient à changer.

116. — On est conduit ainsi à prendre le produit de la masse par la vitesse, ou la quantité de mouvement (109) pour la mesure de l'intensité de la force. Nous n'avons rien à ajouter à ce qui a été dit dans le numéro suivant (110) sur le principe de l'égalité de l'action à la réaction, si ce n'est à propos de cette expression *force d'inertie*, employée si fréquemment au propre et au figuré, et dont il est bien essentiel de fixer le sens propre de manière à lever toute équivoque. Lorsque l'on suppose, comme dans le numéro cité, qu'un barreau aimanté met en mouvement une masse de fer, à laquelle est soudée une masse de plomb, il est clair que l'on peut considérer la masse de plomb comme tenant lieu, par son inertie, d'une force qui agirait sur la masse de fer pour ralentir le mouvement que la force magnétique lui imprime. C'est en ce sens, mais en ce sens seulement, que l'on peut comparer l'inertie à une force et associer deux termes qui semblent éveiller chacun des idées contradictoires.

117. — Revenons maintenant aux considérations générales du n° 111, et supposons un nombre quelconque de particules matérielles, ayant entre elles des liaisons quelconques, et soumises individuellement à

des forces (P), dont on donne la direction et l'intensité. Par suite des liaisons qu'elles ont entre elles, les particules matérielles prennent en général d'autres mouvements que ceux que leur imprimeraient les forces qui les sollicitent, si ces particules étaient libres. Admettons que l'on connaisse les mouvements qu'elles prennent effectivement, et par suite les forces (Q) qu'il faudrait appliquer aux mêmes particules supposées libres pour leur imprimer le même mouvement. Concevons que, tout en maintenant l'action des forces (P), on applique aux particules matérielles, non pas précisément les forces (Q), mais des forces égales et précisément opposées de direction : il est clair que celles-ci détruiront l'effet des forces (P), ou que l'un des groupes de forces fera équilibre à l'autre, par suite des liaisons qui subsistent entre les particules matérielles. C'est une manière d'accommoder au système d'exposition qui nous occupe en ce moment l'expression du *principe de d'Alembert*. En réalité les forces (Q) ne sont pas connues; mais les conditions de l'équilibre les déterminent implicitement, et par suite déterminent les mouvements que les particules doivent prendre. Ainsi se trouve ramené à dépendre d'un problème de statique (comme dans le premier système à un problème de cinématique) tout problème ayant pour objet le mouvement d'un système de corps ou de particules matérielles dont on connaît la constitution ou les liaisons.

118. — *De la preuve métaphysique, ou* a priori, *des principes de la mécanique physique. De la valeur et du rôle de ces principes dans la philosophie naturelle.* Lorsqu'il s'agit de principes tels que ceux que nous

venons de passer en revue, principes si fondamentaux, si généraux, qui sont comme les conditions nécessaires de toutes les explications que nous entreprenons de donner des phénomènes physiques, et qui ont leurs racines dans les idées les plus naturelles à l'esprit humain, il faut bien que nous nous trouvions placés sur une sorte de terrain mixte qui est du ressort de la métaphysique ou de la philosophie générale autant que du ressort de la physique proprement dite. Aussi peut-on remarquer que le principe d'inertie de la matière, celui de la proportionnalité des vitesses aux forces, et d'autres du même genre, bien qu'ils puissent figurer et qu'ordinairement ils figurent dans les traités modernes de physique, à titre de données *de l'expérience*, ne se prêtent réellement pas à *des expériences*, dans le sens que les physiciens modernes attachent à cette expression, c'est-à-dire à des expériences et à des mesures exactes, obtenues à l'aide d'appareils délicats et d'instruments de précision; et qu'en un mot l'on ne constate pas ces principes comme on constate la loi de Mariotte sur les fluides élastiques, la loi de Descartes ou de Snellius sur la réfraction de la lumière, les lois de Coulomb sur le frottement ou sur la distribution de l'électricité, et généralement toutes les lois de la physique.

Cette remarque en provoque une autre. Personne ne s'est jamais avisé de contester la nécessité de faire des expériences précises pour s'assurer de l'existence des lois de Mariotte, de Snellius ou de Coulomb; et il n'est arrivé non plus à personne de considérer ces principes comme des définitions arbitraires, ou comme des formules vides que l'on pourrait mettre de côté

sans appauvrir le trésor de nos connaissances scientifiques : tandis que, parmi les physiciens et les géomètres, même les plus renommés, il s'en est trouvé qui ont considéré les principes de l'inertie de la matière, de la proportionnalité des vitesses aux forces, etc., les uns comme des vérités nécessaires, et pour lesquelles par conséquent le recours à l'expérience est superflu, les autres comme des définitions arbitraires au sujet desquelles il n'y a pas lieu de disputer, à moins que l'on ne veuille disputer sur les mots [1]. Nous ne prétendons pas que ces physiciens et ces géomètres aient eu raison de penser ainsi ; nous avons, au contraire, tâché de donner les explications les plus propres à résoudre les paralogismes où, selon nous, ils sont tombés ; mais enfin une telle divergence d'opinions sur des questions de cet ordre nous avertit assez qu'elles participent à tous les caractères de la spéculation philosophique ; qu'elles portent sur la critique des idées autant que sur l'analyse des faits, et qu'ainsi

[1] Voyez ce que nous avons dit au n° 114 de l'opinion de Poisson et de celle de d'Alembert sur le principe de la proportionnalité des vitesses aux forces. Le même d'Alembert est pourtant d'avis que les autres principes généraux de la mécanique peuvent être établis par le seul raisonnement, comme autant de conséquences logiques de la seule notion de l'existence de la matière et du mouvement. Voici ses termes : « Il est de la dernière évidence qu'en se bornant à supposer l'existence de la matière et du mouvement, il doit nécessairement résulter de cette double existence certains effets.....; que, des différents effets possibles, il en est un qui dans chaque cas doit infailliblement avoir lieu en conséquence de l'existence seule de la matière, et abstraction faite de tout principe différent qui pourrait modifier cet effet ou l'altérer. Voici donc la route qu'un philosophe doit suivre pour résoudre la question dont il s'agit (*celle de savoir si les lois de la statique et celles de la mécanique sont de vérité nécessaire ou contingente*). Il doit tâcher d'abord de découvrir par le rai-

elles appartiennent à la philosophie des sciences plutôt qu'à la science proprement dite ou à la science positive. Les prolégomènes de la physique, où de pareilles questions s'agitent, composent ce que Kant a appelé la *partie pure* de la physique, et ce philosophe a, sinon très nettement expliqué, du moins bien aperçu les caractères par lesquels cette physique supérieure se rapproche de la spéculation mathématique et se distingue de la physique proprement dite [1].

119. — Elle a d'ailleurs la plus étroite affinité avec ce que l'on est convenu d'appeler la métaphysique, et notamment avec la théorie métaphysique du temps et de l'espace, qui est le fondement de la philosophie leibnitzienne. Concevons un système qui embrasse dans son extension indéfinie tous les corps dont le Monde physique se compose; et, si la matière n'est pas indifférente au mouvement comme au repos, il y aura une différence essentielle et observable entre l'état du système, lorsque les corps sont absolument

sonnement quelles seraient les lois de la statique et de la mécanique dans la matière abandonnée à elle-même; il doit examiner ensuite par l'expérience quelles sont ces lois dans l'univers; si les unes et les autres sont différentes, il en conclura que les lois de la statique et de la mécanique, telles que l'expérience les donne, sont de vérité contingente, puisqu'elles seront la suite d'une volonté particulière et expresse de l'Être suprême; si au contraire les lois données par l'expérience s'accordent avec celles que le raisonnement seul a fait trouver, il en conclura que les lois observées sont de vérité nécessaire, non pas en ce sens que le Créateur n'eût pu établir des lois toutes différentes, mais en ce sens qu'il n'a pas jugé à propos d'en établir d'autres que celles qui résultent de l'existence même de la matière. » Discours préliminaire du *Traité de Dynamique*, édit. de 1758, p. xxv *et suiv.*

[1] Voyez notamment l'introduction à la *Critique de la Raison pure*, § V.

fixes, et l'état du même système, lorsque les particules qui le composent sont animées d'un mouvement commun de translation, en vertu duquel elles décrivent avec la même vitesse des droites parallèles, sans que rien soit changé dans leurs positions relatives, et par conséquent dans les actions qu'elles exercent les unes sur les autres. L'expérience (celle surtout qui résulte de l'observation des phénomènes astronomiques), prouve le contraire; mais c'est aussi ce qu'on peut nier avant toute expérience, dès qu'on admet avec Leibnitz que l'idée de l'espace n'est qu'une idée de relation, et que la raison ne peut concevoir que des mouvements et des repos relatifs [1].

Les mêmes considérations s'appliquent au principe de la proportionnalité des vitesses aux forces. Imaginons, pour plus de simplicité, que les particules ma-

---

[1] Remarquons la différence capitale qui existe à cet égard entre les mouvements de translation rectiligne et les mouvements de rotation. Tout en concevant le Monde comme illimité ou indéfini, nous pouvons nous figurer que les corps, en nombre infini, dont le Monde se compose, participent tous à un mouvement commun de translation rectiligne, tandis que l'idée d'un mouvement commun de rotation va directement contre cette grande pensée que « le centre du Monde est partout et sa circonférence nulle part. » Elle implique que le Monde a un centre placé en un point déterminé de l'espace, et qu'il est compris dans une sphère d'un rayon fini, puisqu'il répugne d'admettre une vitesse absolue qui croisse au-delà de toute limite avec la distance du mobile au centre de rotation, ou qui soit infini à une distance infinie de l'axe (23). Aussi n'en est-il pas du mouvement commun de rotation comme du mouvement commun de translation, et le premier peut nous être manifesté par des phénomènes observables, même lorsque nos observations ne s'étendent pas au delà du système des corps qui participent au mouvement commun. C'est ainsi que l'observation (devenue si célèbre dans ces derniers temps) de la déviation progressive du plan d'oscillation d'un pendule, fournirait un indice du mouvement

térielles m', m'', m''', etc., supposées d'égale masse, soient soumises à l'action de forces égales F, qui leur font décrire avec des vitesses égales des droites parallèles; et qu'en outre une force F′ agisse dans la même direction sur la seule particule m' : il faudra que l'effet de cette force F′ soit d'imprimer à m' une vitesse relative, tout à fait indépendante du mouvement commun du système, produit par l'action des forces F sur toutes les particules m', m'', m''', etc., dont il se compose. Donc, si l'on considère isolément la particule m', soumise aux forces F, F′, il faudra que les effets de ces deux forces s'ajoutent purement et simplement, chaque force produisant son effet comme si l'autre n'existait pas, et la vitesse totale étant la somme des vitesses que chaque force aurait imprimées à la particule m', en agissant seule. En consé-

---

de rotation de la terre, lors même que l'observation du mouvement diurne des astres ne nons suggérerait pas la pensée d'expliquer ces apparences par l'hypothèse d'un mouvement de rotation commnn au globe terrestre et aux corps, pendulaires ou autres, placés à sa surface et qui font partie du même système. C'est encore ainsi qu'à la rigueur nous pourrions, quoique tous les astres nous fnssent voilés, découvrir l'ellipticité de la terre, ainsi que les variations d'intensité de la pesanteur suivant les ellipses méridiennes, de manière à avoir l'idée de la force centrifuge qui rend raison de ces phénomènes, et du mouvement de rotation qui produit la force centrifuge; tandis que, dans les mêmes circonstances, rien ne nous avertirait du monvement de translation dont notre système terrestre pourrait être animé. Ainsi, à côté des analogies géométriques entre le mouvement rectiligne et le mouvement circulaire, sur lesquelles nous avons insisté, et qui relient entre elles les théories de cinématiqne et de statique, une géométrie supérienre nous fait saisir un contraste propre à rendre philosophiquement compte de la différence essentielle que l'on doit mettre entre le mouvement rectiligne et le mouvement circulaire, an point de vue de la mécaniqne physiqne (35, 92 *et* 106).

quence une force double, c'est-à-dire la réunion de deux forces capables d'imprimer séparément des vitesses égales, imprimera un vitesse double; une force triple imprimera une vitesse triple; en un mot les vitesses croîtront proportionnellement aux forces qui les produisent. Si donc on admet, avec Leibnitz, qu'il n'y a rien d'absolu dans les idées d'espace et de mouvement, le principe de la proportionnalité des vitesses aux forces ne requiert point l'intervention de l'expérience, pas plus que le principe d'inertie avec lequel, en réalité, il ne fait qu'un. Ce n'est pas non plus un théorème mathématique ou une définition purement logique : c'est un axiome philosophique.

120. — Si l'on tient (comme de bons esprits y tiennent) à affranchir autant que possible le système de nos connaissances scientifiques de toute considération métaphysique du genre de celles qui viennent d'être indiquées, il faudra certainement regarder le principe d'inertie, celui de la proportionnalité des vitesses aux forces, etc., comme des données de l'observation; mais en quel sens? Citons d'abord les paroles de Laplace, c'est-à-dire du chef de l'École où l'on est le plus en garde contre les illusions de la métaphysique et le plus enclin à s'appuyer sur l'expérience. « La loi d'inertie est au moins la plus naturelle et la plus simple que l'on puisse imaginer; « elle est d'ailleurs confirmée par l'expérience : en « effet, nous observons sur la terre que les mouvements se perpétuent plus longtemps, à mesure que « les obstacles qui s'y opposent viennent à diminuer; « ce qui nous porte à croire que sans ces obstacles ils « dureraient toujours. Mais l'inertie de la matière est

« principalement remarquable dans les mouvements « célestes qui, depuis un grand nombre de siècles, « n'ont point éprouvé d'altération sensible. Ainsi « nous regarderons l'inertie comme une loi de la « Nature, et lorsque nous observerons de l'altération « dans le mouvement d'un corps, nous supposerons « qu'elle est due à l'action d'une cause étrangère[1]. » Faut-il conclure de ce passage que, dans le cas où les perfectionnements des tables et des observations auraient signalé à Laplace des traces d'altération sensible dans les mouvements des corps célestes, sa foi dans le principe de l'inertie de la matière en aurait été ébranlée? Non certainement, et si l'on est encore aujourd'hui à la recherche de pareilles traces, ce n'est nullement pour soumettre la loi d'inertie à une épreuve décisive, c'est plutôt pour tâcher d'en conclure l'existence d'un milieu éthéré qui offre aux mouvements des astres une résistance appréciable. On trouverait même des altérations du genre de celles que la résistance d'un milieu n'expliquerait pas, qu'on les rapporterait à quelque cause inconnue, plutôt que d'abandonner un principe ou une idée que l'on regarde comme le fondement de la philosophie naturelle. De même, si l'on trouvait que deux aimants placés côte à côte, impriment à une particule de fer une vitesse plus grande ou plus petite que la somme des vitesses imprimées par chacun des aimants quand ils agissent seuls, on ne regarderait pas cette expérience comme une infirmation du principe de la proportionnalité des vitesses aux forces : on aimerait mieux en con-

[1] *Mécanique céleste*, 1re partie, livre I, chap. 2.

clure que les forces magnétiques influent l'une sur l'autre, par une raison inconnue, de manière à avoir une énergie plus grande ou plus petite que celle qu'elles possédaient dans l'état d'isolement (95).

121. — L'expérience nue n'établit qu'un fait qui, par l'expérience même, se trouve mis hors de toute contestation : mais presque toujours l'énoncé d'un principe ou d'une loi physique exprime à la fois un fait et une idée, ou une manière de concevoir la raison du fait. Par exemple, on soumet un gaz à diverses pressions, et l'on observe que le volume de la masse gazeuse est ou n'est pas en raison inverse des pressions qu'elle supporte : voilà un fait pur et simple, qui peut s'établir avec précision, et auquel il faudra bien que toutes nos idées et toutes nos théories se plient; de tels faits, constatés par l'expérience, composent la partie positive des sciences physiques. Supposons que le fait consiste en ce que les volumes sont sensiblement en raison inverse des pressions, pour les pressions auxquelles les gaz sont habituellement soumis, tandis qu'il y a des écarts sensibles de cette règle lorsque les pressions dépassent certaines limites : la simplicité de la règle observée d'abord et la petitesse des écarts observés ensuite pourront nous suggérer l'idée de les rapporter à diverses causes qui se subordonnent les unes aux autres; les unes donnant lieu à la relation qui s'exprime en termes si simples; les autres intervenant comme des causes accessoires et perturbatrices. Nous distinguerons ainsi ou nous pourrons distinguer par la pensée deux éléments que l'observation n'isole pas; et, suivant que nous ferons ou que nous ne ferons pas cette distinction, le même

fait sera conçu de deux manières différentes. Les motifs qui nous porteraient à préférer l'une de ces conceptions à l'autre, sont de même nature, sinon de même poids que ceux qui nous portent à admettre l'existence d'une force inconnue qui altère le mouvement des corps (quand l'observation nous apprend que ce mouvement s'altère et que la cause n'en est pas apparente) plutôt que de supposer que la matière est, selon les circonstances, inerte ou non inerte (105). Dans un cas comme dans l'autre, l'esprit se décide d'après une vue de l'ensemble des phénomènes, et conformément à la loi suprême de la raison, qui aspire à mettre partout, autant qu'il dépend d'elle, l'ordre, l'unité, la simplicité. C'est ainsi que, dans le système de nos connaissances, à côté du fait sensible sur lequel l'expérience a prise et qu'elle décide irrévocablement, à côté de la vérité mathématique qui comporte une démonstration formelle et rigoureuse, vient se placer une idée ou une conception philosophique que la raison préfère, sur laquelle dans certains cas les bons esprits peuvent tomber d'accord, mais qui n'admet, ni la preuve expérimentale, ni la démonstration mathématique (57 *et suiv.*). En un mot, le fait dont l'expérience témoigne a besoin d'être interprété par une idée; et l'idée adoptée pour l'interprétation du fait général ou dominant influe nécessairement sur l'interprétation de toutes les expériences relatives à des faits secondaires ou subordonnés. D'où il suit que, plus une loi physique aura de généralité, moins elle sera propre à être directement et péremptoirement établie par l'expérience, à cause de la multitude de circonstances accessoires qui en compliquent l'effet et

dont l'influence ne peut être appréciée que par des théories qui présupposent le principe même que l'on voudrait constater empiriquement : mais aussi, plus les inductions philosophiques en faveur de cette loi deviendront convaincantes, à cause de l'infinie multitude des faits qu'elle relie, et des vastes développements du système où elle met l'ordre ou dont elle donne la clef. Tel est le cas des principes qui nous occupent en ce moment.

122. — Ces principes sont donc fondés sur l'expérience, en ce sens qu'il faudrait bien les abandonner, si l'expérience constatait des faits qu'on ne pourrait interpréter à la faveur de ces principes que d'une manière forcée, avec des irrégularités et des complications que la raison repousserait : mais cependant la preuve qu'ils comportent est plutôt rationnelle que sensible; elle ne résulte et ne peut résulter (en dehors des arguments *a priori* dont il a été question plus haut) que de l'approbation donnée par la raison à l'ordre et à la régularité que ces principes introduisent dans nos théories pour l'explication et l'interprétation des faits observables. Et de tout cela nous devons conclure que la discussion de ces principes est une œuvre de critique philosophique, que l'on ne peut aborder sans quitter le terrain de la science proprement dite, de la science positive, et qui appartient essentiellement à ce que quelques-uns appellent la métaphysique, à ce que l'on doit appeler la philosophie des sciences.

CHAPITRE V.

DE LA DOUBLE NATURE DES APPLICATIONS DE LA MÉCANIQUE PHYSIQUE. — RÉSUMÉ SYNOPTIQUE.

123. — Nous avons insisté longuement sur le passage de la géométrie ou de la théorie géométrique du mouvement à la mécanique physique : il faut maintenant voir comment se fait le passage de la mécanique physique à la physique proprement dite. Mais d'abord il convient d'avoir une juste idée des relations de la mécanique avec les autres sciences physiques : et, à ce propos, comme à propos des choses d'ailleurs fort dissemblables, on est bien vite frappé d'un contraste singulier entre le fait d'un part, et d'autre part le droit ou la prétention. En effet, d'après les conceptions théoriques généralement admises depuis la rénovation des sciences, la mécanique a la prétention, peut-être le droit de se subordonner la physique tout entière. Il ne faudrait regarder, dans les sciences physiques, aucune explication comme rationnelle, complète et définitive, qu'autant qu'elle dériverait mathématiquement des principes de la mécanique; les hypothèses, les théories dont la mécanique ne donnerait pas encore la clef, ne figureraient dans les sciences qui ont les phénomènes matériels pour objet, qu'à titre d'échafaudage empirique et provisoire, dont ces sciences se débarrasseront, à mesure qu'en se perfectionnant elles donneront plus de prise

à l'instrument mathématique, et que cet instrument lui-même se perfectionnera. Ni la chimie, ni l'optique, ni aucune autre branche des sciences physiques n'ont de pareilles prétentions à la suprématie ou à l'universalité. D'un autre côté, en fait, et si l'on s'en tient à ce qu'il y a de positif dans le système de nos connaissances scientifiques, le mécanicien a son domaine comme le chimiste ou le physicien proprement dit ont le leur; la chimie, la physique accomplissent leurs progrès, subissent leurs révolutions, sans qu'il y ait de progrès ni de révolutions correspondantes en géométrie et en mécanique. Le droit et le fait méritent donc bien d'être philosophiquement discutés.

124. — Le mécanicien, comme le physicien ou le chimiste, serait souvent à bout de ressources, s'il n'appelait à son aide l'expérience proprement dite, celle qui porte sur des phénomènes spéciaux et qui emploie les appareils de précision (118) : mais il faut soigneusement distinguer les emprunts à l'expérience physique, qui sont nécessités par l'imperfection actuelle de l'instrument mathématique, d'avec ceux dont la nécessité tient au fond des choses ou aux conditions essentielles de la connaissance humaine. Ainsi, le problème des perturbations planétaires, déjà si épineux, deviendrait tout à fait rebelle à notre analyse actuelle, sans les particularités très singulières que présente la constitution du système solaire. Il faudrait bien alors déterminer empiriquement (comme les anciens le faisaient) les lois des mouvements planétaires, qui pourtant se trouveraient virtuellement comprises dans les données mathématiques du problème, mais que les ressources imparfaites de notre

analyse ne nous permettraient pas d'en dégager par les seules forces du calcul. Redescendons des cieux sur la terre, et considérons les mouvements d'une masse liquide, en nous permettant d'abord de faire abstraction de la viscosité, du frottement des molécules liquides entre elles et contre les parois des canaux ou des vases qui les renferment, en un mot de tout ce qui ne se trouve pas dans la définition mathématique de la liquidité parfaite. Le problème de l'*hydraulique* sera par là fort simplifié : et pourtant il faudra encore recourir à l'expérience pour établir la plupart des lois de l'écoulement des liquides, mais seulement à cause de l'état imparfait de l'instrument mathématique; car, en soi, le problème ainsi posé comporte une solution purement mathématique, aussi bien que le problème des perturbations planétaires. Au contraire, admettons qu'on veuille tenir compte (comme en effet la pratique l'exige) des circonstances physiques ci-dessus rappelées : il en résultera une nécessité intrinsèque de recourir à l'expérience physique pour déterminer les effets de la viscosité, du frottement, etc. La plupart des physiciens modernes accordent, il est vrai, que ces effets s'expliqueraient mécaniquement et pourraient être virtuellement compris dans une formule mathématique, si la constitution moléculaire des corps nous était connue : ils l'accordent, dis-je, mais ce n'est là qu'une hypothèse philosophique dont il faudra plus loin chercher l'origine, discuter la valeur. Si l'on tient avec raison à bien distinguer dans les sciences la partie positive de la partie hypothétique ou conjecturale, il faut reconnaître que le mécanicien a besoin, pour tout ce qui

touche à la structure interne et moléculaire des corps, de sortir de son domaine propre et de recourir à la physique proprement dite : sauf à des esprits plus aventureux à résoudre du mieux qu'ils pourront, et à la faveur d'hypothèses plus ou moins plausibles, tous les problèmes de physique dans des problèmes de mécanique. Il en sera de même, tant que les conditions essentielles de la connaissance humaine ne seront pas changées; tant que les dernières molécules des corps et les forces qui les sollicitent échapperont à la constatation directe, comme certainement elles y échapperont toujours.

125. — D'ailleurs, dans la mécanique des corps célestes, il s'agit de corps isolés les uns des autres, qui ne se rencontrent, ni ne se choquent, ni ne se pressent : de sorte que nous n'avons nul besoin de nous préoccuper, en ce qui les concerne, des conditions de structure moléculaire d'où dépendent les phénomènes de la pression, de la tension ou du choc. Nous n'acquérons l'idée de la pression qu'en observant que les corps se déforment tant soit peu, aux environs des points où des forces extérieures y sont appliquées, et que de cette déformation, toujours très petite quand il s'agit de corps sensiblement rigides ou des liquides que l'on nomme (quoique improprement) incompressibles, naissent des réactions moléculaires intérieures, à la faveur desquelles les forces extérieures s'équilibrent ou se neutralisent partiellement.

Si des corps viennent à se rencontrer, de manière à donner lieu au phénomène de la percussion ou du choc, les déformations aux environs des points de rencontre se prononceront davantage, la structure

moléculaire, les pressions ou les tensions intérieures pourront changer considérablement dans un temps très court : ce qui n'empêche pas nos physiciens d'admettre, avec toute raison (34), qu'il n'y a de changement brusque qu'en apparence et pour une observation superficielle. La plupart des philosophes du dix-septième siècle, qui voulaient

Dans ce temps où Rohaut séchait pour concevoir
Comment, tout étant plein, tout a pu se mouvoir,

ramener l'explication de tous les phénomènes corporels à des chocs entre des particules parfaitement solides ou rigides, avaient pris à tâche de fonder sur des raisonnements *a priori* une théorie mathématique de la percussion ou du choc. On discutait encore ces raisonnements dans le cours du siècle suivant : tout cela est réputé aujourd'hui n'avoir aucune valeur scientifique, attendu qu'il est au moins fort douteux que les particules ou atomes doués d'une rigidité absolue soient autre chose qu'une conception de l'esprit; et qu'on a de bonnes raisons d'admettre que ces atomes, s'ils existent, ne peuvent se toucher, ni par conséquent se choquer, dans le sens que les Cartésiens et les Gassendistes attachaient à ce mot.

126. — La considération des pressions ou tensions intérieures, la nécessité de tenir compte des liens physiques au moyen desquels les corps se tirent, se pressent, agissent les uns sur les autres, voilà ce qui fait la différence essentielle entre la mécanique des géomètres, spécialement applicable aux mouvements des corps célestes, et la mécanique des mécaniciens, des ingénieurs qui ont surtout en vue l'usage des ma-

chines et le parti utile qu'on peut tirer des moteurs naturels. Depuis deux siècles, ces deux sciences qui portent le même nom, sont en contraste, et jusqu'à un certain point en conflit; et le contraste, sinon le conflit, tient au fond des choses. Dans la mécanique qui s'applique aux mouvements des corps célestes, l'on conçoit que les corps agissent à distance les uns sur les autres, d'une action permanente qui ne s'épuise ou ne se dépense point par l'exercice (83), et qui subsisterait lors même que le corps dont l'action met d'autres corps en mouvement serait fixé et rendu incapable de prendre lui-même aucun mouvement. Au contraire, dans la mécanique des machines, il n'y a pas à proprement parler d'action à distance; car ce n'est pas la *pesanteur* ou la force attractive du globe terrestre que l'on y envisage comme force motrice, ce sont les poids que l'on y considère directement comme moteurs; et tous les moteurs naturels, poids, vent, cours d'eau, ressorts, gaz ou vapeurs qui se détendent, animaux de trait, etc., ne peuvent agir sur nos appareils mécaniques qu'au moyen de liens matériels, en cheminant dans le sens suivant lequel ils sollicitent les corps qu'ils mettent en mouvement, et en consommant ainsi, par leur chute, par leur détente, ou de toute autre manière équivalente, la quantité de *force vive* ou de *travail* (86) que la Nature ou l'art avaient pour ainsi dire amassée en eux, et que la science du mécanicien recueille et utilise.

127. — Il ne faut pas confondre les idées de *traction* et d'*attraction;* elles restent bien distinctes, quoique l'une ait suggéré l'autre. La difficulté d'admettre l'idée newtonienne d'attraction ne tenait pas seule-

ment, ainsi qu'on l'a supposé, à la difficulté de concevoir qu'un corps pût agir sur un autre sans un intermédiaire matériel; elle tenait tout autant à la difficulté de concevoir qu'un corps pût agir comme moteur sans se déplacer lui-même dans le sens de l'action exercée. Les merveilleux succès des géomètres dans l'explication des phénomènes astronomiques et des phénomènes terrestres qui relèvent de la même loi, comme ceux de l'aplatissement de la terre et des marées, ont bien forcé d'admettre l'idée d'attraction à titre de principe ou de donnée fondamentale; et dès lors, dans l'édifice théorique construit sur cette base, l'idée de la force vive ou du travail, comme on l'appelle maintenant, n'est plus qu'une idée dérivée, ou plutôt le signe abréviatif d'une combinaison d'idées. La définition de la force vive et du travail n'est plus que ce que les logiciens appellent une définition de mots.

128. — Au contraire, l'idée de traction diffère de celle d'attraction, en ce qu'elle implique à la fois un effort et un déplacement dans le sens de l'effort; la traction n'est plus autre chose que l'élément de la force vive ou du travail, ou, si l'on veut, la dépense de force vive ou de travail n'est pas autre chose qu'une somme de tractions qui se succèdent sans discontinuité pendant un temps donné. Si l'idée de traction est le point de départ, la notion primitive, les mécaniciens et les ingénieurs ont raison de fonder sur la considération directe de la force vive ou du travail, de cette force qui s'emmagasine, se distribue, se consomme, s'utilise à l'aide des machines (87), la théorie scientifique dont ils ont à faire usage. Non seulement

le choix de cette idée, comme idée première, est pour l'esprit humain chose plus naturelle, mais le choix de toute autre, dans la matière dont il s'agit, serait purement hypothétique. Car, ce n'est que par une pure hypothèse dont l'examen fera l'objet d'un autre chapitre, que, dans nos théories modernes, nous admettons que tout phénomène de traction se résout (d'une manière jusqu'à présent inexplicable ou très imparfaitement expliquée), dans des phénomènes d'attractions à distances, plus ou moins analogues à ceux qui s'expliquent par l'attraction newtonienne, soit qu'ils se passent dans les cieux ou sur la terre. Celui donc qui veut fonder la mécanique des machines sur la notion de force ou d'action à distance, telle qu'elle prévaut à bon droit, à titre d'idée fondamentale, dans la mécanique céleste, se voit obligé, dans la construction d'une science éminemment positive, de traverser toute une série d'hypothèses qui n'ont rien de positif, rien de mathématiquement démontré, rien de physiquement observable, pour arriver par voie de déduction et de combinaison à l'idée de force vive et de travail, et rentrer par là dans le domaine de la science positive. Il est non seulement bien plus naturel, mais bien plus logique d'attaquer d'emblée la question, telle que l'esprit humain la conçoit d'abord, et de se débarrasser d'un attirail de prémisses ou arbitraires ou superflues.

129. — Toutes ces considérations nous expliquent pourquoi, depuis Newton et Leibnitz, deux écoles de géomètres conçoivent de deux manières différentes l'ordonnance de la science de la mécanique, en vue des applications physiques qu'on en doit faire.

Elles nous donnent la clef et la solution toute conciliante de cette fameuse dispute *de la mesure des forces*, tant agitée aux deux derniers siècles et ravivée de nos jours à propos de méthodes d'enseignement et de direction à donner aux études de la Jeunesse. Les deux systèmes doivent être et seront toujours en présence, ils se complètent l'un l'autre et répondent, dans leur association, à une double exigence de la logique et de la philosophie naturelle.

D'autre part nous voyons que tout n'était pas faux dans cette opinion des anciens, que les lois auxquelles obéissent les mouvements célestes doivent différer par quelque point essentiel de celles qui régissent les phénomènes du monde sublunaire (77). L'école cartésienne prenait le contre-pied de cette opinion, quand elle tentait d'expliquer, par son mécanisme de pressions et de chocs corpusculaires, tous les phénomènes célestes : et l'on tombe d'une autre manière dans la même affirmation outrée, lorsqu'on accorde une foi absolue aux hypothèses d'après lesquelles tous les phénomènes de la physique corpusculaire s'expliqueraient par des actions à distance, imaginées sur le modèle de l'attraction newtonienne.

130. — Nous avons tâché, dans ce qui précède, d'expliquer la filiation de toutes les idées fondamentales de la mécanique, et l'idée que d'après cela l'on doit se faire de la construction logique de cette science capitale ; mais, pour l'ordinaire, une généalogie gagne en clarté à être accompagnée d'un arbre généalogique (20) ; en conséquence nous inscrirons ici le tableau suivant :

<table>
<tr><td colspan="3" align="center">GÉOMÉTRIE PURE.</td></tr>
<tr><td>Idée de mouvement, isolée de l'idée de force.</td><td>Idée d'effort permanent, sans mouvement (force morte).</td><td>Idée de force disponible et épuisable (force vive, travail).</td></tr>
<tr><td>CINÉMATIQUE
OU THÉORIE DE LA TRANSFORMATION ET DE LA COMPOSITION DES MOUVEMENTS</td><td colspan="2">STATIQUE
OU THÉORIE DE L'ÉQUIVALENCE ET DE LA COMPOSITION DES FORCES DANS L'ÉTAT D'ÉQUILIBRE,
tirée</td></tr>
<tr><td>Rectilignes ou de translation,
Circulaires ou de rotation.</td><td>De la considération des forces mortes, et
Des principes du parallélogramme des forces,
Des principes de l'équilibre du treuil ou du levier.</td><td>De la considération des forces vives, et
Du principe de la conversion de la force vive ou du travail.</td></tr>
<tr><td colspan="3" align="center">IDÉES DE MATIÈRE, DE MASSE, D'INERTIE.</td></tr>
<tr><td>Passage de la cinématique à la mécanique physique, par la mesure des quantités de mouvement.
Principe de l'indépendance des mouvements.</td><td colspan="2">Passage de la statique à la mécaniqne physique, par la mesure des forces.
Principe de la proportionnalité des forces aux vitesses.</td></tr>
<tr><td colspan="3" align="center">MÉCANIQUE PHYSIQUE.
APPLICATION DES PRINCIPES DE LA MÉCANIQUE PHYSIQUE, FONDÉES</td></tr>
<tr><td colspan="2">sur la notion de force immanente, d'attraction ou d'action à distance.</td><td rowspan="2">Sur la notion de force vive, de traction ou de travail exercé par l'intermédiaire de liens physiques, avec déplacement des moteurs.
Théorie des moteurs. Dynamique des machines.
Mécanique des ingénieurs.</td></tr>
<tr><td>Mécanique céleste, Balistique, etc.</td><td>Explication hypothétique des pressions et des autres phénomènes de la physique corpusculaire.</td></tr>
</table>

Nous n'entreprendrons pas de justifier dans tous leurs détails les dispositions de ce tableau, puisque ce serait recommencer la discussion dont nous avons voulu donner ainsi le résumé synoptique : nous re-

marquerons seulement que nous avons employé un *double filet* pour désigner celle de nos divisions antithétiques qui se soutient, en vertu du même principe, à l'étage inférieur du tableau comme à l'étage supérieur, et qui, en raison de cette persistance même, nous paraît devoir être réputée plus essentielle ou plus profonde.

131. — Et pourtant ce n'est pas à dire qu'il y ait, pour les deux autres colonnes de gauche, défaut de toute correspondance entre les étages supérieur et inférieur du tableau. Au contraire, on peut remarquer que la notion de forces mortes ou inépuisables est en rapport manifeste avec la détermination des pressions ou tensions intérieures, puisque nous n'aurions pas l'idée d'effort, ou qu'au moins nous n'aurions aucune raison de rapporter cette idée à quelque chose d'existant réellement hors de nous, si l'état de tension des molécules des corps sollicités par des forces permanentes ne nous offrait la réalisation extérieure de cette idée. D'un autre côté, les mouvements dont on s'occupe dans la mécanique céleste et dans la balistique, sont précisément ceux dont on pourrait à la rigueur assigner les lois, exposer la théorie, en ne se fondant que sur des notions de cinématique, et en affectant d'écarter toute idée de force et de mesures de force.

D'après toutes ces considérations, le précédent tableau pourrait être ramené à un schème plus simple encore, ainsi qu'il suit :

GÉOMÉTRIE PURE.		
CINÉMATIQUE.	STATIQUE.	DYNAMIQUE.
Passage de chacune des branches de la mécanique géométrique à la mécanique physique.		
MÉCANIQUE PHYSIQUE. APPLICATIONS RESSORTISSANT SPÉCIALEMENT		
des principes de la cinématique.	des principes de la statique.	des principes de la dynamique.

Pour la symétrie de l'expression, nous donnons ici au mot de *dynamique* une autre acception que celle qui a prévalu de nos jours dans la langue de l'enseignement, laquelle à son tour n'est pas celle qu'y attachaient avec raison des auteurs plus anciens. Puisque le mot Δύναμις signifie *force* ou *puissance*, n'est-ce pas contredire de front l'étymologie que d'opposer (comme on le fait aujourd'hui dans les livres didactiques) la dynamique, en tant que théorie du mouvement, à la statique, en tant que théorie de l'équilibre? Comme si la statique n'était pas fondée sur l'idée de force, et uniquement sur l'idée de force? Au contraire la dynamique, telle que nous l'entendons, repose essentiellement sur l'idée de force disponible, c'est-à-dire sur l'idée de puissance. Nous pensons que la réforme faite par Ampère, quand il a créé son mot de *cinématique* (33), devrait être complétée par celle que nous proposons ici. Mais, s'il nous appartient comme à tout le monde d'exposer nos idées, il ne nous appartient pas, comme à Ampère, d'opérer des réformes dans le langage.

CHAPITRE VI.

DE LA SUBORDINATION DES CARACTÈRES ET DE LA CLASSIFICATION DES THÉORIES PHYSICO-CHIMIQUES.

132. — Dans le cadre de la philosophie scolastique, telle qu'on l'enseignait encore chez nous avant la révolution qui a changé le système d'enseignement comme tout le reste, la physique se divisait en deux parties : *physica generalis*, *physica specialis*, et cette division se rattachait à une distinction longtemps fameuse entre les *qualités premières* des corps et leurs *qualités secondes*. Par qualités premières les philosophes scolastiques et les métaphysiciens des temps plus modernes entendaient l'étendue, l'impénétrabilité, la mobilité, l'inertie, c'est-à-dire toutes les notions fondamentales de la mécanique, et par qualités secondes toutes celles qui produisent sur nous les impressions de saveurs, d'odeurs, de couleurs, de chaud, de froid, etc. L'énumération des qualités premières ou prétendues telles impliquait donc l'idée que la mécanique comprend tout ce qu'il y a de général ou de fondamental dans l'explication des phénomènes physiques, idée qui a été déjà examinée (123), sur laquelle nous devons revenir plus loin, et que nous ne nous proposons pas de discuter ici. D'un autre côté, comme nous croyons l'avoir clairement établi ailleurs [1], rien

[1] *Essai.....*, chap. VII *et* VIII.

n'est moins connu, ni moins susceptible d'être connu, que la liaison entre les diverses qualités inhérentes aux corps et la propriété qu'ils ont d'exciter en nous des sensations d'une nature déterminée, couleurs, saveurs, odeurs, etc.; tandis que nous nous rendons parfaitement compte de la liaison qui existe entre la propriété qu'ont tous les corps qui tombent sous nos sens, d'être étendus, et l'idée que nous nous faisons de l'étendue.

133. — Bien avant que la division à l'usage des philosophes de l'antiquité et des docteurs du moyen-âge eût cessé d'être enseignée dans les écoles, elle avait disparu de la science, sans qu'on eût trouvé à la place une division propre à mettre dans le système des sciences physiques l'ordre, la classification, la méthode qui certainement y font défaut aujourd'hui. Des corps de science comme la chimie, la cristallographie, l'optique, tout en conservant des rapports nécessaires avec les autres branches de la physique, ont tendu à prendre une constitution propre, indépendante, et intrinsèquement de plus en plus régulière, sans que l'ensemble de ces membres détachés offrît de la régularité : ce qui est resté pour composer la physique proprement dite (selon l'expression courante) n'a plus été qu'une sorte de rubrique *incertæ sedis*, moins une science qu'une collection de fragments scientifiques, fort peu cohérents. Voyez notamment combien laisse à désirer la notion que l'on se fait, dans la science actuelle, des caractères *physiques* des corps, par opposition à leurs caractères *chimiques*. D'une part on comprend dans les caractères physiques ce qu'il y a certainement de plus essentiel dans les corps et ce qui

prime par là, même les caractères chimiques, à savoir les propriétés mécaniques, la mobilité, l'inertie, la masse, la gravitation; d'autre part on y comprend aussi les caractères qui tiennent aux circonstances les plus accessoires de la structure ou du mode de groupement des parties, caractères qui sont loin d'être réputés intimes, essentiels ou fondamentaux au même degré que les caractères chimiques. Donc la gradation et la subordination rationnelle sont blessées par l'emploi d'un tel langage. La définition de la catégorie des caractères physiques est purement négative; cette catégorie ne semble établie que pour recueillir confusément celles des qualités des corps que l'on n'a pas de motifs de ranger parmi les caractères chimiques.

134. — La remarque, que le livre de la science est pour le moins un registre en parties doubles, s'applique surtout au système des sciences physiques et explique des doubles emplois qui déjà mettent obstacle à une régulière coordination de toutes les parties du système. Par exemple, la réaction chimique du soufre et du carbone doit essentiellement figurer, aussi bien dans l'histoire du soufre que dans celle du carbone, tandis qu'on peut fort bien s'arranger pour que l'histoire d'une espèce vivante ne tienne que peu ou point à l'histoire de la plupart des autres espèces. Ceci n'est qu'un détail, et la même remarque s'applique beaucoup plus en grand, surtout à propos des parties de la physique qui ont pour objet ces agents mystérieux que nous nommons des *fluides impondérables*. La connaissance telle quelle que nous avons de ces agents, de la lumière par exemple, est certainement subordonnée à la connaissance que nous avons des corps

pondérables, en même temps que la plupart des affections des corps pondérables ne nous sont manifestées que par le moyen des impressions que la lumière produit sur nous. L'étude que nous faisons des modifications que la lumière éprouve en atteignant ou en pénétrant les milieux pondérables, a souvent pour but et pour résultat de nous instruire de la structure de ces milieux, et plus souvent encore pour but et pour résultat l'analyse de la lumière elle-même, la manifestation de sa constitution propre et de ses caractères essentiels. Aussi l'optique est-elle constituée depuis longtemps comme une science propre, comme un corps de doctrine spéciale, autonome, malgré ses connexions avec d'autres branches de la physique, les unes fondées sur l'analogie, sur l'affinité de nature, et les autres (ce que nous considérons particulièrement en ce moment-ci) tenant nécessairement à ce que tout rapport implique deux termes. Au contraire, quand on ignorait les propriétés de la chaleur rayonnante, si parfaitement analogues à celles de la lumière (92), quand on ne connaissait de la chaleur que la propriété qu'elle a de dilater les corps, de les fondre et de les vaporiser, de se propager par le contact d'une molécule à l'autre, il n'y avait vraiment pas lieu de concevoir une théorie de la chaleur, comme corps spécial de doctrine, puisque, de tous ces faits rapprochés, il ne pouvait résulter aucune notion positive sur la constitution propre de la chaleur et sur les lois qui la gouvernent, abstraction faite des changements apparents qu'elle opère dans les corps pondérables.

Ainsi, d'une part l'intimité et la réciprocité des rapports entre les diverses parties des sciences phy-

siques, beaucoup plus grandes que pour tout autre groupe de sciences, comme la suite le montrera encore mieux, mettent plus d'obstacles à une coordination didactique qui représente exactement, sans doubles emplois, la coordination réelle des phénomènes et de leurs lois; d'autre part le grand et fondamental contraste entre les propriétés des corps pondérables et celles des agents impondérables introduit dans le corps de la doctrine une perpétuelle antithèse, d'une espèce particulière: le progrès des théories tendant à dégager par la pensée et à isoler dans l'exposition ce que les faits observables unissent d'une manière indissoluble.

135. — Admettons toutefois comme division primordiale, à un point de vue théorique et didactique, la distinction entre la physique des corps pondérables et celle des agents impondérables, sauf à tenir compte, comme on doit le faire, de leurs perpétuelles et nécessaires connexions : y a-t-il, soit pour l'un, soit pour l'autre embranchement, soit pour tous deux à la fois, un autre principe de distinction et de classification? Voici celui qu'après de longues réflexions nous proposons avec confiance.

Toutes les explications que nous donnons ou tâchons de donner des phénomènes physiques, soit par des figures, soit par des mouvements, soit par des forces, c'est-à-dire au moyen de la pure géométrie, de la cinématique ou de la dynamique, supposent des longueurs, des distances, des vitesses, des sphères d'action que nous pouvons observer, mesurer par voie directe ou indirecte, ou du moins apprécier : ou bien au contraire ces longueurs, ces distances, ces vitesses, ces sphères d'action sont réputées d'un tel ordre de

petitesse qu'elles échappent absolument à tous nos moyens d'observation et de mesure; que nous n'avons ni ne pouvons avoir aucune notion de leur grandeur absolue, et qu'à dire vrai, elles n'ont pour nous qu'une existence hypothétique et conjecturale. S'il en est ainsi, il y a donc lieu d'admettre dans les sciences physiques deux clefs, deux rubriques ou deux catégories dominantes : il y aura une physique *des corps sensibles* et une physique *infinitésimale, corpusculaire* ou *moléculaire*.

Que cette qualification de *sensibles* n'introduise point d'équivoques. On est parvenu, à l'aide de procédés fort indirects, et aussi très ingénieux, à mesurer la longueur excessivement petite des ondes lumineuses; à savoir par exemple que la longueur d'onde, pour le rayon violet extrême, est égale à un 2500e de millimètre, ou plus exactement à 406 millioniènes de millimètre : voilà assurément une grandeur qu'il nous est bien permis de qualifier d'insensible, mais elle serait beaucoup plus petite encore qu'elle n'appartiendrait pas à l'ordre des grandeurs infinitésimales dont nous voulons parler, du moment qu'on pourrait la mesurer par des expériences indirectes, ou seulement en constater expérimentalement l'existence. Un grain de musc émet pendant des années des particules odorantes sans perdre sensiblement de son poids, et par conséquent la petitesse des particules qui viennent à chaque instant se déposer sur la membrane olfactive pour y déterminer la sensation d'odeur, surpasse tout ce que l'imagination peut se représenter : cependant elle n'est pas de sa nature indéterminable. Il est permis de se figurer des pesées si délicates, que l'on en

conclurait le poids des particules émises pendant un temps très-long; par suite, au moyen du calcul, le poids des particules arrivées à la membrane olfactive pendant un temps très-court, et finalement le volume qu'occuperait la réunion de ces particules à l'état concret. Au contraire, il n'y a pas de physicien, de chimiste, qui ne regarde les dimensions, les distances des dernières molécules ou des atomes sur lesquels il raisonne, comme étant de leur nature, et non pas seulement à cause de l'imperfection de nos sens, absolument indéterminables. Comment pourrait-il en être autrement, puisque nos sens eux-mêmes et tous les appareils que nous construisons pour leur venir en aide, supposent dans leur construction les corps déjà constitués, ce que les scolastiques auraient appelé le phénomène de la *corporéité?* De sorte qu'il est dans l'essence des choses, et en quelque sorte mathématiquement nécessaire, qu'ils ne puissent avoir prise que sur d'autres corps constitués, et non sur les éléments infinitésimaux des corps, tels que nous les concevons pour le besoin de nos spéculations rationnelles. Si cet argument ne paraissait pas décisif, au moins faudrait-il reconnaître que, dans l'état actuel des sciences physiques, ce que nous regardons comme indéterminable de sa nature l'est de fait et par rapport à nous; or, c'est déjà une tâche suffisante que de s'occuper de la classification des connaissances acquises, en remettant à nos successeurs le soin de classer celles qu'ils acquerront.

136. — Suivant que l'on se propose de pénétrer plus ou moins dans l'économie des phénomènes et dans l'explication de leurs causes, telle classe de phé-

nomènes peut ressortir ou ne pas ressortir de la physique moléculaire. Nous avons déjà remarqué (78) que la cristallographie peut être présentée de manière à ne relever que de l'idée fondamentale de la forme, et à n'exiger que l'application des principes de la géométrie; mais, dès qu'on voudra y faire intervenir l'idée de force, il ne pourra être question que de forces moléculaires, au sens indiqué, et nous entrerons en plein dans le champ de la physique moléculaire. Si nous étudions les conditions de l'équilibre d'un liquide dans un système de vases communiquants, en partant de l'idée que le liquide est un corps pesant dont le volume reste invariable, tandis que la forme cède à la moindre pression, à moins que celle-ci ne soit détruite par une pression contraire, nous ferons une application des principes de mécanique rappelés ci-dessus, tous susceptibles d'une confirmation expérimentale, et nous ne sortirons pas du domaine de la physique sensible; mais, aussitôt qu'il s'agira de tenir compte des particularités de viscosité, de frottement, de capillarité, et que nous voudrons en donner une explication dynamique, ou les relier par une théorie quelconque, nous aborderons inévitablement les arcanes de la physique moléculaire (124).

137. — Quand on prend les mots dans leur acception la plus large, la chimie n'est qu'une partie de la physique moléculaire, mais partie tellement importante, eu égard à la perfection de l'enchaînement théorique, à la nature des applications, que l'on éprouve aussi le besoin de désigner par une expression complexe, par la dénomination de sciences *physico-chimiques,* le groupe de sciences où la chimie joue un si

grand rôle. La conception des phénomènes chimiques se rattache primitivement à la notion de l'*hétérogénéité* des corps qui s'offrent à nous dans la Nature, hétérogénéité qui porterait, non plus sur des particules sensibles, comme pour ces mélanges ou amalgames grossiers, dans lesquels nous opérons par des moyens mécaniques la séparation des matières amalgamées ou mélangées, mais sur les éléments infinitésimaux des corps, dans la sphère des actions moléculaires où ne pénètrent pas nos observations faites à l'aide des sens. De là l'idée d'une analyse et d'une synthèse dont l'une a pour objet de décomposer les corps dans leurs éléments *homogènes*, et l'autre de recomposer les corps en opérant directement, quand la chose est possible, la combinaison des éléments. On a pu longtemps supposer avec les anciens alchimistes, avec le gros des chimistes jusques vers le milieu du dernier siècle, que les éléments ou matières homogènes, fournis par l'analyse des corps composés, et dont la séparation est le terme ordinaire de l'analyse chimique, n'en restent pas moins convertibles les uns dans les autres, par quelque procédé naturel ou artificiel dont la recherche était bien faite pour exciter à la fois la curiosité et la cupidité. Immédiatement après les grandes découvertes de la chimie moderne, on voyait les théories s'enchaîner et s'exprimer avec une régularité tellement systématique, dans l'hypothèse de la simplicité absolue et partant de l'irréductibilité essentielle des radicaux chimiques, qu'il était difficile que les chimistes n'y crussent pas au fond du cœur, quoiqu'ils ne manquassent jamais, par un ménagement obligé pour la philosophie baconienne ou

condillacienne alors régnante, de déclarer qu'ils n'avaient point à cet égard de parti pris, et qu'ils n'entendaient par radicaux ou éléments indécomposables, que des substances qu'on n'avait encore pu décomposer. Plus tard, quand on a constaté que des corps composés et décomposables jouent, dans des combinaisons ultérieures, un rôle parfaitement analogue à celui des radicaux chimiques, actuellement indécomposables, on a dû, non plus par scrupule ou par convenance philosophique, mais par une réserve vraiment scientifique, s'abstenir de rien préjuger sur l'irréductibilité des radicaux chimiques. Enfin, depuis que la théorie des rapports simples entre les *poids atomiques* ou les *équivalents* des radicaux chimiques tend à prévaloir, on est inévitablement amené (pour peu que l'on ait de penchant à dépasser par l'induction philosophique les strictes limites de l'expérience actuelle) à regarder l'hétérogénéité des radicaux chimiques comme un fait dérivé, compatible avec l'homogénéité primitive et essentielle des éléments de la matière pondérable.

138. — Dès lors la définition du domaine de la chimie et l'idée qu'on doit se faire des caractères chimiques dans l'état actuel de la philosophie naturelle, se trouvent notablement modifiées. Le propre de la chimie n'est plus de faire et de défaire des associations ou des combinaisons entre des éléments hétérogènes absolument irréductibles ou non convertibles les uns dans les autres, mais bien d'étudier tous les phénomènes qui, dans la chaîne des principes et des conséquences, se rattachent directement au principe qui a créé l'hétérogénéité des radicaux chimiques,

qui a constitué l'atome, la molécule ou l'*unité* chimique (9), par la conception de laquelle nous expliquons l'enchaînement systématique des phénomènes qui sont du ressort de la chimie. L'analyse et la synthèse, la décomposition et la recomposition ne sont plus alors pour le chimiste théoricien un but, mais un moyen d'explorer cet ordre de phénomènes. En ce sens, le physicien qui étudie, à l'aide des propriétés de la lumière, la structure atomique d'un cristal ou d'un gaz, fait réellement de la chimie : tandis que le chimiste qui clarifie un sirop ou rectifie une liqueur mêlée à de l'eau en proportion non définie, ne fait point de la chimie, dans ce sens philosophique et élevé. Les plus belles découvertes de la physique moderne sont sans contredit celles qui relient par des formules tirées de la constitution chimique ou atomique des corps, des faits ou des nombres auparavant isolés, et qui de la sorte étendent de plus en plus le domaine de la chimie, au sens qui vient d'être expliqué.

139. — Dans l'état actuel de la chimie, tout s'explique par des unités, des nombres, des groupes, des combinaisons; tout relève de l'arithmétique et de la syntactique pure; aucune explication qui ait jusqu'à présent pris place dans la science, ne résulte de relations ou de configurations géométriques, n'est donnée par une intuition ou une construction géométrique : au rebours de la mécanique physique où tout est subordonné à la géométrie, où les nombres n'interviennent qu'artificiellement (13), comme le moyen que la constitution de notre entendement nous suggère, pour exprimer et comparer des grandeurs natu-

rellement continues. L'idée d'une force moléculaire ou atomistique, spécialement affectée à la production des phénomènes chimiques, et que l'on nomme *affinité,* manque de ce qui entre essentiellement dans la détermination des forces mécaniques, à savoir l'orientation et la mesure. Au fond elle n'intervient que comme une image dont la poésie du langage s'accommode; elle ne remplit de fait aucun rôle dans la construction de la science. Lorsque quelques chimistes en ont voulu faire une application plus précise, au point de vue statique ou dynamique, on n'a pas tardé à reconnaître qu'ils en avaient fait une application fausse; et chacun confesse aujourd'hui que le mot d'affinité, au lieu d'être une explication, voile des phénomènes plus complexes où les agents impondérables interviennent, d'une manière qui nous est encore cachée.

Plus la chimie a fait de progrès, mieux s'est manifesté le caractère essentiel des phénomènes chimiques et des lois qui les régissent, caractère consistant en ce que tout y est précis, défini, avec variation brusque et tranchée d'un état à l'autre, par opposition à la loi de continuité qui régit les transformations qu'on observe dans tant d'autres phénomènes, et notamment dans les phénomènes mécaniques. Tandis que les forces mécaniques, opérant à distances finies, engendrent des effets qui varient avec les distances selon la loi de continuité, les actions chimiques ne donnent lieu qu'à des associations ou à des dissociations brusques, et à des combinaisons à proportions définies. De là le motif de considérer l'ordre des phénomènes chimiques, avec toutes ses appartenances,

comme inexplicable par les seules notions de la mécanique. Pareillement, si les atomes chimiques ne différaient les uns des autres que par les dimensions et par les figures, ou si (en les supposant déjà constituées par le groupement d'autres atomes) les molécules chimiques ne différaient que par le nombre et par la configuration des atomes élémentaires, maintenus à distance dans l'intérieur de chaque groupe, on ne voit pas comment il serait possible d'expliquer la distinction tranchée des radicaux et des composés chimiques, et la loi des proportions définies. La différence des masses ne peut pas plus que la différence des configurations et des distances rendre raison de tous ces phénomènes, puisque la masse est sujette aussi dans ses variations à la loi de continuité, et qu'au surplus la théorie des équivalents chimiques établit un contraste des plus remarquables entre la masse que l'on considère en mécanique, laquelle se mesure par le poids ou par l'inertie, toujours proportionnelle au poids (104), et ce que l'on pourrait nommer la masse chimique, laquelle est mesurée par la capacité de saturation.

140. — Cependant, à mesure que les combinaisons chimiques se compliquent, elles offrent moins de permanence et de stabilité, et manifestent par là une moindre énergie dans les causes qui produisent les combinaisons, un moindre contraste entre les éléments qui s'unissent en *neutralisant* ou en *saturant*, comme on dit, leurs propriétés contraires. Non-seulement les molécules chimiques entre lesquelles l'union s'opère sont d'une constitution plus complexe, mais elles se groupent en plus grands nombres pour con-

stituer la molécule surcomposée; et les proportions, au lieu d'être exprimées par des nombres très-simples, comme 1 et 2, 2 et 3, 3 et 5, etc., le sont par des nombres de l'ordre des dizaines ou des centaines. Les molécules chimiques ne se groupent plus par unités, mais par escouades; leur individualité tend déjà à s'effacer. Que l'on fasse un pas de plus, et elles se grouperont par bataillons; l'individualité des molécules constituantes ne se fera plus sentir; la loi des proportions définies, théoriquement maintenue, ne pourra plus être positivement constatée : car, la différence d'une unité tombera dans les limites de l'erreur que l'analyse comporte; le caractère de discontinuité imprimé aux phénomèmes chimiques, et qui n'est que la manifestation du type de l'individualité, aura disparu avec tout ce qui en dépend; soit qu'effectivement il ne subsiste plus, soit qu'il ne puisse plus être rendu sensible par nos expériences.

141. — La série des caractères chimiques semble donc s'interposer entre deux autres séries de caractères que l'on a jusqu'à présent réunis sous la rubrique commune de caractères physiques : les uns que l'on pourrait nommer *hyper-chimiques*, en ce sens qu'ils paraissent plus généraux, plus fondamentaux, plus essentiels encore que les caractères chimiques, et que partant ils les dominent; les autres qu'il faudrait, dans ce système de nomenclature, qualifier d'*hypo-chimiques*, qui n'ont ni la persistance, ni la forme tranchée des caractères chimiques, et qui semblent l'effet relativement débile d'énergies moléculaires qui se sont en plus grande partie épuisées dans la construction même de la molécule chimique.

Les propriétés essentielles de la matière qui correspondent aux principes généraux de la mécanique, aux lois de la gravitation universelle; qui, selon notre manière de les concevoir, peuvent et doivent subsister dans les derniers éléments des corps, avant même la formation des corps, avant la constitution de l'atome ou de la molécule chimique, avant la manifestation d'aucune réaction chimique, voilà les caractères qu'il convient de qualifier d'hyper-chimiques. L'adhésion, la viscosité, la capillarité, la texture, la dureté, l'opacité, voilà des caractères du genre de ceux que nous proposons de nommer hypo-chimiques, parce qu'ils ne prennent naissance qu'après que la molécule chimique s'est constituée, par un surcroît de complication et de travail de construction moléculaire, dans lequel s'effacent les distinctions tranchées au moyen desquelles nous reconnaissons sans hésitation les produits du travail chimique.

142. — Certains caractères hypo-chimiques peuvent tenir de plus près que d'autres aux caractères chimiques. Par exemple, le carbone qui s'offre à nous sous deux états si différents, à l'état de diamant et à l'état de charbon produit par la combustion des matières organiques, jouit sous ces deux états d'une grande *fixité*, c'est-à-dire qu'il est, sinon absolument infusible et non volatil, du moins très-difficile à volatiliser et à fondre sous l'action de la chaleur la plus intense : voilà une qualité plus persistante et que dès lors on réputera plus étroitement liée à la constitution chimique du carbone que la diaphanéité ou la dureté du diamant, avec lesquelles contrastent d'une façon si étrange l'opacité et la friabilité du charbon.

Les caractères cristallographiques notamment ont un degré de précision, de fixité, qui doit les faire placer sur la ligne des caractères chimiques. Ce que l'on a appelé l'*isomorphisme* n'est que la manifestation de l'identité de formule chimique ou de l'analogie de constitution (sinon de composition) chimique, par l'identité ou l'analogie des formes cristallines. Les cas de *dimorphisme* (qui ne sont d'ailleurs que des cas exceptionnels), tout en prouvant que la composition chimique est quelque chose de plus essentiel encore que la forme cristalline, n'en laissent pas moins subsister la liaison immédiate et étroite entre le type chimique et le type cristallin : de telle sorte qu'à un même type chimique ne puisse correspondre qu'un nombre très-limité de types cristallins parfaitement distincts, n'admettant aucune transition de l'un à l'autre, ce qui est l'attribut essentiel de tous les caractères chimiques.

143. — Il est curieux que les propriétés des corps, les plus spéciales, les plus particulières en apparence, soient justement celles qui nous ont donné les notions les plus générales, les plus essentielles sur la manière d'être et le mode d'action des agents impondérables. La singulière propriété du spath d'Islande, de doubler les images des corps que l'on regarde à travers ce cristal transparent, est devenue la base de la théorie de la lumière. Parmi tous les minerais de fer gisant dans l'écorce terrestre, une espèce se rencontre qui jouit de la propriété singulière, qu'un morceau de ce minerai, taillé en barreau, attire la limaille de fer, principalement vers ses deux bouts. L'un des bouts se dirige de lui-même vers l'un des pôles du monde, et

l'autre vers l'autre pôle, d'où le nom de *pôle* donné aussi, par une analogie bien naturelle, à chacune des extrémités du barreau. Les deux pôles qui prennent des directions contraires ont aussi d'autres propriétés contraires : l'un attire ce que l'autre repousse. L'énergie attractive ou répulsive, concentrée surtout dans le voisinage des pôles, subsiste encore, mais en s'affaiblissant progressivement, à mesure que l'on s'éloigne des extrémités du barreau pour se rapprocher de la ligne médiane où elle est nulle, ce qui nous donne l'idée d'un état *neutre*, servant d'intermédiaire et de passage d'un état à l'état contraire. Voilà des faits bien particuliers, bien spéciaux, au point de vue de l'étude des propriétés des corps et de l'histoire des minéraux : cependant ils deviendront le germe des théories les plus générales. Les phénomènes que présentent les corps électrisés s'expliquent par la séparation de deux principes répandus partout, placés dans un antagonisme perpétuel, dont l'un attire ce que l'autre repousse, qui tendent sans cesse à s'unir, en raison même du contraste de leurs propriétés, et à se masquer ou à se neutraliser mutuellement par le fait de leur union. La pile électrique de Volta manifeste des pôles, comme le barreau aimanté; et bientôt l'on sera conduit à ne voir dans le barreau aimanté dont les propriétés singulières ont si exclusivement attiré l'attention des premiers curieux, qu'un mode particulier de la polarité électrique dont les éléments se retrouvent partout, dont l'influence se range parmi les causes physiques les plus générales. La pile de Volta devient l'agent le plus universel, le plus puissant des décompositions chimiques; les deux éléments

pondérables dissociés sont entraînés, l'un vers un pôle de la pile, l'autre vers l'autre pôle; et dès lors on touche du doigt la liaison intime entre le principe de l'affinité chimique et le principe de polarité ou de dualité antagoniste; on devine pourquoi il arrive que les éléments chimiques qui tendent avec le plus d'énergie à s'unir, soient ceux dont les propriétés offrent le plus d'antagonisme, et que le résultat de l'union soit de neutraliser dans le corps composé les qualités contrastantes des corps composants. On sent bien qu'un principe dont les applications sont si vastes, dont la simplicité est si séduisante, ne saurait se confondre avec une donnée empirique vulgaire, et qu'il doit tenir de très-près, comme la loi de la gravitation universelle, comme le principe de la conservation des masses, à la raison suprême des phénomènes que nous offre le monde physique. Toute explication qu'on en voudrait donner serait suspecte, par cela seul qu'elle serait compliquée.

144. — On retrouve, dans la physique des impondérables, le contraste qui nous a tant occupés, entre les explications cinématiques et les explications dynamiques. Depuis que la théorie des ondulations éthérées a définitivement prévalu pour l'explication des phénomènes que nous offrent la lumière et la chaleur rayonnante, cette théorie a été diversement appliquée, par ceux qui étaient, comme Fresnel, encore plus physiciens que géomètres, et par ceux qui étaient, comme Cauchy, beaucoup plus géomètres que physiciens. Si l'on examine attentivement en quoi leurs méthodes diffèrent, on verra que les uns considèrent directement les mouvements ondulatoires et les résul-

tats de la superposition de tels mouvements, sans se préoccuper de rattacher la génération de ces mouvements à des forces hypothétiques qui agiraient d'atome à atome : tandis que les autres épuisent les ressources du calcul à tirer de l'hypothèse des forces atomistiques les données fondamentales de la constitution et de la propagation de l'onde éthérée. Les uns font de la cinématique pure (car, à la rigueur, on pourrait suivre toutes les constructions, toutes les explications qu'ils donnent, sans avoir l'idée de force), et jusqu'à présent cette cinématique paraît suffire à tous les besoins de la science positive : les autres font de la dynamique hypothétique. Donc, en élaguant l'hypothèse, pour ne retenir que ce qu'il y a d'essentiel dans la construction scientifique, on peut dire que cette partie si vaste de la physique des impondérables ne repose encore que sur l'idée de mouvement et sur la théorie géométrique des mouvements.

Au contraire, lorsqu'il est question d'appliquer, comme Poisson l'a fait, les lois de Coulomb sur les attractions et les répulsions électriques, au mode de distribution de l'électricité à la surface des corps conducteurs, il ne s'agit plus de mouvements qui se superposent; il s'agit bien évidemment de forces qui se composent et s'équilibrent. Otez la notion de force, et le phénomène n'est plus intelligible, la théorie n'a plus aucun sens.

Maintenant, il en est des explications dynamiques qui concernent la physique des impondérables, comme de celles qui concernent la physique des corps pondérables. Les unes portent sur des phénomènes dont l'échelle est sensible, les autres sur des phénomènes

qui se passent ou qui sont censés se passer dans une sphère infinitésimale où les sens de l'homme ne peuvent avoir aucun accès (135). Nous voyons deux corps électrisés s'attirer ou se repousser à des distances sensibles, des aimants, des fils conducteurs traversés par un courant voltaïque s'influencer l'un l'autre : mais, pour nous rendre compte de toutes les particularités que nous offrent la constitution des aimants et celle des courants voltaïques, il faut imaginer des forces, des énergies, des affections qui se concentrent dans cette sphère infinitésimale dont la conception nous a déjà été suggérée par le besoin d'expliquer une foule de particularités de la constitution des corps pondérables.

145. — Nous avons expliqué (124) comment, dans un certain sens (sens hypothétique, il est vrai), toutes les sciences physiques seraient autant de dépendances de la mécanique, tandis que dans un autre sens, accommodé à ce que les faits ont de positif et d'observable, la mécanique n'est plus qu'une branche de la physique. Mais en même temps on reconnaît à la mécanique des caractères si particuliers, que souvent l'on oppose la mécanique à la physique : comme lorsque l'on distingue les effets mécaniques des variations de température, tels que la rupture d'une chaudière et la projection des débris, d'avec les effets qualifiés de physiques, tels que la fusion d'un corps solide ou la vaporisation d'une masse liquide. Nous avons pareillement expliqué en quel sens on oppose la physique à la chimie, et les effets physiques des variations de température, tels que la fusion et la vaporisation, aux effets chimiques qui consistent dans la formation

ou la résolution de certaines combinaisons entre les éléments chimiques des corps. On distingue de même, parmi les effets de la pile de Volta, des effets mécaniques, tels que les mouvements produits par les actions attractives ou répulsives des fils conducteurs du courant, puis des effets physiques, tels que l'élévation de température du fil conducteur, et enfin des effets chimiques, tels que le dégagement d'oxygène et la réduction des métaux alcalins aux deux extrémités du fil.

Dans l'étude des organes et des fonctions d'un animal, on distingue très-bien ce qui se rapporte à la production d'effets mécaniques, ce qui est construit sur les types des machines et des engins mécaniques, leviers, poulies, cordes, tuyaux, soupapes, etc., d'avec ce qui se rapporte à la production d'effets physiques et surtout chimiques, et ce qui est construit sur les types d'appareils physiques et chimiques, tubes capillaires, lentilles réfringentes et leurs accessoires, cornets acoustiques, foyers de chaleur, cornues et récipients. Il faut tenir le plus grand compte de toutes ces indications que la Nature elle-même nous donne, et qui sont comme la pierre de touche et la contre-épreuve de nos systèmes scientifiques. Ce n'est point parce que l'esprit humain est fait d'une certaine façon, que géomètres et ingénieurs ont imaginé une science à laquelle on donne le nom de mécanique, et où figurent à titre d'organes élémentaires, des leviers, des poulies, des cordes, des soupapes : car, il serait étrange que dans cette hypothèse la Nature se fût assujettie aux mêmes types, lorsqu'elle a dessiné le plan des êtres vivants, objets de ses soins particuliers;

et d'un autre côté, l'homme n'a pas attendu d'être au courant de l'anatomie pour former ses engins mécaniques sur les modèles que l'organisation des animaux lui présente. L'homme s'est rencontré avec la Nature, parce que cette rencontre tient au fond même et à la raison des choses. Même remarque pour la physique : car, ce n'est pas en général par suite des progrès dans l'anatomie de l'œil que nos instruments d'optique ont été conçus et perfectionnés, et l'on n'a reconnu que plus tard, dans les détails, l'analogie du plan organique avec celui de nos instruments. Donc les fondamentales divisions ou distinctions de notre encyclopédie physique, et jusqu'au choix des principaux appareils que notre industrie a créés, sont justifiés par la Nature elle-même, et ne peuvent point être réputés arbitraires, ou seulement relatifs à la constitution de l'esprit humain et au point de vue où l'homme est placé.

CHAPITRE VII.

DE LA CONVERSION DES EFFETS MÉCANIQUES, PHYSIQUES, CHIMIQUES, LES UNS DANS LES AUTRES. — GÉNÉRALISATION DE L'IDÉE DE FORCES DISPONIBLES, ET DU PRINCIPE DE LA CONSERVATION DES FORCES DANS LES CONVERSIONS CIRCULAIRES.

146. — Du moment que l'on a été amené à distinguer des phénomènes et des effets mécaniques, physiques, chimiques, etc., il est tout simple que l'on soit tenté d'examiner plus à fond quelle est au juste l'influence que ces phénomènes, rapportés à des catégories diverses, exercent les uns sur les autres, et s'il n'est pas possible de concevoir que ces effets distincts soient aptes à se convertir les uns dans les autres. On ne fait pourtant guère que de commencer à entrer dans cet ordre de recherches qui doivent conduire un jour aux résultats les plus intéressants, et pour la philosophie des sciences et pour les applications que réclament les progrès toujours croissants de l'industrie. Qui ne sait qu'aujourd'hui le principal usage des matières combustibles n'est plus de procurer directement la chaleur dont l'homme a besoin pour se défendre de l'inclémence des saisons ou pour les préparations des arts, mais bien de fournir indirectement la force mécanique qui lui est devenue indispensable pour ses usines et pour la circulation des voyageurs et des marchandises, sur toute la surface du globe?

En cela encore l'industrie de l'homme n'a fait qu'imiter la Nature. Car, quel autre agent que la chaleur

régénère sans cesse la force vive que sans cesse la Nature dépense en grand à la surface de notre planète, au sein des mers et de l'atmosphère? Les couches d'air et d'eau dilatées par un accroissement de température s'élèvent, puis se refroidissent et retombent; d'où la production des vents et des courants marins. La couche d'eau en contact avec l'atmosphère, continuellement sollicitée à se réduire en vapeur par l'action de la chaleur, va se condenser dans les hautes régions de l'air et former les nuages qui, retombant en pluie ou en flocons glacés, alimentent les cours d'eau dont la chute avait jusqu'à présent fourni à l'homme la provision de travail mécanique la plus abondante ou la plus facile à recueillir et à employer. La ressemblance ne se borne pas là. Cette chaleur qui, dans l'atelier de la Nature, a engendré sur une grande échelle le travail mécanique des vents et des cours d'eau, se dissipe par le rayonnement dans les espaces célestes, et elle est, quant à l'effet utile, perdue sans retour, aussi bien que la chaleur qui sort des foyers de nos machines à vapeur. La seule différence (et elle est capitale) consiste en ce que le combustible de nos foyers s'épuise, comme s'est épuisé dans des temps plus anciens l'excès de chaleur centrale qui imprimait aux phénomènes météorologiques un surcroît d'activité : tandis que la chaleur venue du soleil et dont le mode de génération est encore pour nous si mystérieux, semble incapable de s'épuiser, et de fait n'a pas éprouvé, depuis les temps auxquels nos observations s'appliquent, de diminution appréciable.

Ces considérations méritent d'attirer l'attention de

tous les esprits : car, combien de fois n'a-t-on pas entendu dire qu'il n'y a point de limites aux découvertes de la science, et qu'on trouvera le moyen de remplacer, comme source de travail mécanique, la vapeur et la chaleur, quand nous n'aurons plus de charbon? La vapeur d'eau sans doute, car toute autre substance gazeuse peut également servir d'intermédiaire, peut-être plus avantageux, pour la conversion de la chaleur en force vive; mais la chaleur, c'est autre chose. On ne peut avec aucune vraisemblance, conclure du fait d'une invention, qui n'était, à la bien prendre, qu'une copie des procédés de la Nature, à la possibilité d'une invention dont elle ne nous offre aucun modèle. Il est au contraire très-vraisemblable, très-conforme aux analogies naturelles, qu'on ne se passera jamais de chaleur pour engendrer la force vive sur une grande échelle. Ce qu'il n'est pas déraisonnable de chercher, c'est le moyen de produire de la chaleur et par suite du travail mécanique, autrement que par le procédé de la combustion ordinaire, puisque la Nature nous offre le plus magnifique exemple d'un foyer qui n'a pas besoin pour s'alimenter, du combustible que nous dévorons dans les nôtres.

147. — L'état gazéiforme des milieux pondérables est celui qui se prête d'une manière plus commode à la génération de la force vive par une dépense de chaleur, comme aussi à un dégagement de chaleur par une consommation de force vive, et par conséquent à la conversion réciproque de ces deux puissances naturelles. Que l'on vienne à chauffer le gaz contenu dans un corps de pompe, la force élastique du gaz augmentera, le piston pesant sera soulevé jusqu'à ce

que le gaz en se dilatant ait repris son élasticité initiale. Cependant un travail mécanique aura été produit : travail qu'on pourra recueillir et utiliser à l'aide d'appareils convenables. Inversement, si l'on comprime le gaz, en consommant pour cela de la force mécanique, on dégagera de la chaleur. De même que dans la transmission et la transformation de la force vive par les organes mécaniques, les frottements, les résistances, les trépidations du sol et de toutes les parties des appareils occasionnent un déchet de la force vive recueillie (déchet inévitable, mais qu'on atténue de plus en plus en perfectionnant les mécanismes), de même, dans la conversion de ces deux puissances ou valeurs, chaleur et force vive, par l'intermédiaire des milieux gazeux, il y a un déchet tenant à l'absorption d'une certaine quantité de chaleur par les enveloppes dont la température s'élève, ainsi qu'au rayonnement extérieur : déchet qu'il s'agit d'atténuer de plus en plus par les perfectionnements successivement apportés à la construction des appareils et à la manière de les faire fonctionner.

Quel que soit l'état moléculaire des corps, ils offrent quelque chose d'analogue à ce phénomène de la conversion de la chaleur en force vive et de la force vive en chaleur, dont le type le plus net, celui qui se prête le mieux aux expériences de mesure, nous est fourni par les corps à l'état gazeux. Les frottements, les chocs des corps durs absorbent de la force vive et en même temps dégagent de la chaleur. Ces corps absorbent de la chaleur en se dilatant, et leur dilatation équivaut à la production d'un travail mécanique. Jusque dans les phénomènes de la vie animale, on

observe que la capacité de travail mécanique dont les animaux sont doués, se trouve en rapport avec une condition essentielle de la vie animale, l'entretien permanent d'un foyer de combustion et de chaleur : tellement que la bête de trait est aussi à sa manière une sorte de machine à vapeur, pour laquelle on peut mettre en regard le travail mécanique qu'elle produit et le combustible qu'elle dépense. Un lien qu'on entrevoit, mais qu'on ne voit pas encore avec toute la netteté désirable, unit certainement tous ces phénomènes; et c'est en s'attachant à le saisir que l'on pourra pénétrer davantage dans la connaissance de la nature intime des corps, ainsi que des forces que nous rapportons à des agents impondérables, lesquelles toutes, par certains côtés, semblent capables de se convertir les unes dans les autres[1].

148. — Ainsi, outre la propriété de produire de la chaleur, le frottement a celle de produire de l'électricité quand les corps frottés sont hétérogènes. Réciproquement, l'électricité met les corps en mouvement, et n'a même été originairement remarquée que comme une force mécanique ou une cause de mouvement. Aujourd'hui, nous savons que les courants électro-magnétiques sont capables, comme la dépense de chaleur, d'engendrer du travail mécanique : de

[1] Voyez le livre intitulé : *Corrélation des forces physiques*, par W. R. Grove, traduit de l'anglais, et accompagné de notes par M. *Seguin aîné*, Paris, 1856; et un autre ouvrage non moins remarquable, qui a pour titre : *Recherches sur l'équivalent mécanique de la chaleur*, par G. A. Hirn, Colmar et Paris, 1858. — Nous trouverions dans ces deux livres bien des idées à louer et aussi bien des idées à combattre, si la nature du nôtre nous permettait d'entrer dans de semblables développements.

sorte que la découverte qui nous a valu le télégraphe électrique, cet étrange moyen d'agiter une sonnette et de faire marcher des aiguilles indicatrices à des distances énormes, avec la promptitude de l'éclair, nous vaudrait aussi un nouveau moteur industriel, si les piles voltaïques qui mettent en jeu les courants, et qui ne travaillent pas sans consommer des produits, pouvaient fonctionner dans des conditions économiques convenables.

D'ailleurs la chaleur engendre des courants électriques quand on chauffe à leurs points de soudure des barreaux métalliques hétérogènes, et réciproquement le courant électrique qui traverse avec une intensité suffisante un fil d'une finesse convenable, le porte à l'incandescence. La chaleur engendre donc directement de l'électricité, et l'électricité de la chaleur; de sorte que l'on peut, indirectement ou de seconde main, convertir la force mécanique en électricité et celle-ci en force mécanique, par l'intermédiaire de la chaleur. De même pour la conversion de la force mécanique en chaleur et de celle-ci en force mécanique, par l'intermédiaire de l'électricité.

Personne n'ignore que l'électricité, la chaleur, la lumière même déterminent des combinaisons ou des dissociations chimiques, et qu'inversement les forces chimiques n'entrent pas en jeu sans provoquer des dégagements ou des absorptions de chaleur, des courants d'électricité. Ces actions chimiques, même lorsqu'elles s'opèrent dans une sphère inaccessible à nos sens, et lorsqu'elles n'ont pour symptôme aucun effet mécanique observable, peuvent donc par l'intermédiaire de la chaleur ou de l'électricité, produire de la

force mécanique ou résulter d'un déploiement originaire de force mécanique. Mais de plus l'action mécanique détermine immédiatement certaines associations chimiques ou en rompt d'autres, les moins stables il est vrai ; et quant aux effets mécaniques, souvent redoutables, immédiatement produits par le jeu des actions chimiques, ils sont assez connus pour qu'on n'ait pas besoin de les signaler.

149. — Voilà des faits qui peuvent et qui doivent ouvrir, comme on l'a déjà dit, soit à la philosophie naturelle, soit à la théorie des applications industrielles de la science, des horizons nouveaux : et déjà n'ont pas manqué de se produire, à côté de généralisations sûres, quoique hardies, des inductions téméraires ou mal fondées. Ainsi l'on s'est prévalu de ces considérations nouvelles, pour reprendre une idée plusieurs fois mise en avant et repoussée, celle de l'indestructibilité de la force ou du mouvement : entrons à ce sujet dans quelques explications.

La matière ou la masse des corps doit être réputée indestructible et invariable : on a rappelé et expliqué ailleurs ce grand axiome de la physique (101 *et suiv.*). De plus, nos théories chimiques *actuelles* reposent sur l'idée que les éléments chimiques sont distingués par certains caractères pareillement indestructibles, et qu'ainsi du fer est toujours du fer, de l'argent toujours de l'argent (137). Cependant une barre de fer, une cuiller d'argent s'usent par le frottement, de manière qu'il nous sera, à nous et à nos successeurs, à tout jamais impossible de recueillir et d'utiliser les parcelles imperceptibles de métal que l'usage même de l'instrument dont nous nous servons, a disséminées

de côté et d'autre. La matière la plus stable se consomme donc sans retour et périt pour nous, quant à son effet utile, quoique, théoriquement, elle doive être réputée indestructible.

En est-il de même pour la force mécanique? De tout temps il s'est trouvé des philosophes disposés à le croire, nonobstant des apparences contraires. Un corps dur vient dans son mouvement frapper contre un obstacle, et, à ce qu'il semble, la force mécanique qui résidait dans ce corps en mouvement s'épuise par le choc. Cependant nous observons pendant quelques instants encore, des trépidations très-marquées dans le corps choquant, dans l'obstacle contre lequel il s'est heurté et dans tout le sol environnant. Pourquoi ne pas admettre que ces trépidations se propagent indéfiniment en s'affaiblissant par cette communication même au point de nous devenir imperceptibles, et qu'elles persistent indéfiniment entre les dernières molécules des corps dont les mouvements se dérobent absolument à nos sens? Voilà ce que l'on disait, et maintenant l'on ajoute que la puissance détruite en tant que force mécanique doit reparaître sous une autre forme; que par exemple la collision du choc a développé de la chaleur qui pourrait à son tour se convertir en force mécanique et qui représente virtuellement une certaine quantité de force mécanique; que les choses doivent certainement s'arranger de manière que l'on ait, sous une forme ou sous une autre, précisément l'équivalent virtuel de la force mécanique qui semblait perdue; et qu'il en faut dire autant de tous les déchets qu'éprouvent en apparence les puissances naturelles, de quelque espèce qu'elles soient.

150. — Par la même raison il faudrait dire que les doses de force ou de puissance active dans la Nature ne peuvent jamais être augmentées : et pourtant ni cette proposition ni l'autre ne résistent à une analyse attentive. Une gargousse de poudre a été déposée dans une entaille de rocher; on tire une étincelle d'un caillou avec un briquet d'acier, et cette étincelle, c'est-à-dire une parcelle d'acier portée à l'incandescence par la chaleur que le choc de l'acier contre le caillou a développée, enflamme la gargousse et développe par des actions chimiques une force mécanique énorme : quelle équivalence peut-on supposer entre la force mécanique qui a produit l'étincelle, entre la chaleur qui résidait dans l'étincelle, ou même entre la force mécanique dépensée dans la préparation de la poudre, et la force mécanique produite en fin de compte? Il faut donc qu'une nouvelle dose de force mécanique ait été ajoutée à la dose préexistante; et si le cours du phénomène peut accuser une augmentation dans cette dose, il peut y amener une diminution. Dira-t-on que quand le charbon, le soufre, le salpêtre ont été préparés par la Nature ou par l'art sous la forme qu'ils doivent avoir pour que le fabricant de poudre les emploie, il y a eu des dépenses d'actions chimiques qui représentent la force mécanique que l'inflammation de la poudre développera plus tard? Cette supposition, dans l'état de la science, serait assurément fort arbitraire; mais d'ailleurs on répliquera qu'il aurait suffi de quelques gouttes de pluie pour gâter la poudre et rendre impossible la réapparition de la force qu'elle contenait, si l'on veut, à l'état latent, par suite d'un dépôt antérieur. Or,

qu'est-ce que l'action mécanique, physique ou chimique exercée par ces gouttes d'eau sur la poudre, pour qu'on puisse y voir l'équivalent de la force mécanique que l'explosion développerait? Donc il faut bien reconnaître qu'il dépend d'un concours d'accidents fortuits qu'une force mécanique se développe ou ne se développe pas, sans que rien compense le défaut de développement.

151. — D'un autre côté, la raison ne peut se refuser à admettre que rien n'est produit de rien, *ex nihilo nihil;* que la force mécanique, pas plus qu'autre chose, ne peut être, comme on dit, produite de toutes pièces et sans qu'il y ait consommation de quelques-unes des forces disponibles, mécaniques ou autres, que la Nature tenait en réserve. Quand on aura consommé tout le charbon, tout le soufre, tout le nitrate de potasse que nous pouvons recueillir, il faudra renoncer à faire éclater des quartiers de roche au moyen de la poudre. Quand on aura brûlé toute la houille, il faudra renoncer à faire marcher des trains à l'aide de la chaleur que ce combustible procure. Le charbon, la houille, le soufre se trouveront convertis en gaz carbonique et sulfureux, et sous cette forme ne seront plus par eux-mêmes des sources de chaleur ou de travail mécanique. Si quelque jour la Nature trouve le moyen de régénérer avec ces substances gazeuses, du soufre concret, du charbon, de la houille, elle le fera avec d'autres forces dont elle dispose, et ce travail ultérieur ne dépendra point du déploiement passager de force mécanique, que notre industrie a opéré avec les mêmes substances.

Il dépend de notre industrie de consommer ou de

ne pas consommer ce que la Nature tient en réserve, d'en faire une consommation productive, soit de force mécanique, soit d'une autre force équivalente, ou au contraire d'en faire une consommation improductive de force, sous une forme quelconque. Ce qui excède certainement notre pouvoir et celui de tout agent naturel, à qui n'est pas accordé le pouvoir surnaturel de la création, c'est de créer une force de toutes pièces, sans rien consommer ni dépenser : puisqu'alors on pourrait créer de la force indéfiniment; la Nature mettrait à la disposition d'un agent quelconque une force infinie, ce que nous ne pouvons pas plus comprendre qu'une vitesse infinie (23 *et* 119, *note*).

152. — De là ce principe que nous proposerions d'appeler *le principe des conversions circulaires*, et qui consiste en ce que, lorsque le travail de la Nature, dirigé ou non par le travail de l'homme, a accompli le cercle des transformations, de manière à revenir au point de départ, il est impossible que la quantité initiale de force vive, de chaleur, ou de l'une quelconque des forces naturelles disponibles et convertibles les unes dans les autres, se trouve augmentée : les transformations postérieures ayant détruit ou absorbé tout ce que les transformations antérieures avaient créé ou développé, en vertu de la maxime *ex nihilo nihil*, et de manière à rendre impossible toute formation de toutes pièces, toute production indéfinie d'une force naturelle quelconque, au moyen de corps, d'appareils, de milieux inertes par eux-mêmes, et qui n'interviendraient que comme de simples organes de transmission et de conversion. Nous avons indiqué ailleurs (85, 96 *et suiv.*) comment ce principe, appliqué

aux organes purement mécaniques de la transmission et de la transformation de la force vive ou du travail, fournit une base rationnelle à la science de l'équilibre et du mouvement : on entrevoit ici comment le même principe, étendu et généralisé de manière à s'appliquer aux transformations incessantes des phénomènes moléculaires et chimiques, à tous les échanges entre les effets produits par les diverses puissances naturelles, peut donner à certaines parties des sciences physiques un fondement rationnel, en les rattachant immédiatement à la mécanique, et par la mécanique à la géométrie. Des axiomes ou des postulats de ce genre ont l'inconvénient de ne pas saisir directement les causes efficientes qui opèrent dans chaque ordre de phénomènes, mais aussi l'avantage d'être dégagés de toutes les hypothèses auxquelles nous sommes forcés d'avoir recours pour nous représenter ce qui échappera toujours à nos observations. Nous atteignons par là le *pourquoi* des choses, plutôt que le *comment*.

Un exemple ne sera pas inutile pour mieux fixer les idées. L'on sait qu'un kilogramme d'eau exige pour se vaporiser une certaine quantité de chaleur qu'il restitue en repassant à l'état liquide; de même pour un kilogramme d'alcool : seulement la quantité de chaleur prise et restituée est différente. Elle sera encore différente pour un kilogramme d'eau et d'alcool mélangés en proportions égales. Supposons que cette troisième quantité soit une moyenne arithmétique entre les deux premières, et suivons les conséquences de l'hypothèse. On sait que le mélange de 500 grammes d'eau et de 500 grammes d'alcool donne lieu à un dégagement de chaleur : concevons que

l'on ait recueilli et mis à part la chaleur dégagée. Abandonné à lui-même après ce dégagement, le mélange se vaporisera en empruntant pour cela de la chaleur, qu'il devra (par hypothèse) restituer intégralement lorsque l'on condensera les vapeurs produites, ce qu'on pourra faire de manière à *rectifier* l'alcool impur, ou à recueillir dans des récipients distincts, l'alcool et l'eau. Mais alors on pourrait, après la rectification, recommencer l'opération du mélange de manière à produire par ce mélange même une nouvelle quantité de chaleur, et par une répétition indéfinie de la même suite circulaire d'opérations, créer de la chaleur de toutes pièces en quantité indéfinie. Donc, en vertu de l'axiome invoqué, il faudra que les mille grammes mélangés exigent pour se convertir en vapeurs, en sus de la quantité de chaleur qu'ils exigeraient s'il n'y avait pas de mélange, et qu'ils restituent quand la condensation dissocie l'eau et l'alcool, précisément la quantité de chaleur que l'opération du mélange a dégagée. Je ne crois pas que l'expérience ait jamais été faite, ni même qu'on ait songé à la faire : mais il ne s'agit ici que du sens et de la portée du principe. L'ouvrage de M. Grove, cité au n° 147, suggérerait une foule de conséquences du même genre, à tirer du principe des conversions circulaires.

153. — Dans la dynamique supérieure dont les principes nous occupent en ce moment, aussi bien que dans la dynamique ordinaire, la consommation de force vive ou de force disponible peut, selon les cas, être ou n'être pas accompagnée d'une destruction de force morte. Une horloge de clocher est mue par un poids, et quand le poids est arrivé au bas de sa course,

sur l'aire de la cage qui contient l'horloge, le mouvement s'arrête; la force vive dont on disposait est épuisée; il faut remonter l'horloge. Cependant le poids au bas de sa course est un corps qui ne cesse pas d'être sollicité par la pesanteur; il peut continuer d'agir indéfiniment par sa pression, et comme force morte, sur le plancher de la cage. Que l'on ouvre une trappe, et le poids pouvant descendre plus bas remettra l'horloge en mouvement. Au contraire, le ressort débandé, et qui a épuisé sa force vive, n'agira plus, même comme force morte.

Pareille remarque est applicable à la puissance mécanique de la chaleur et le serait à toutes les puissances physiques que nous considérons maintenant. Dans les machines à vapeur construites pour agir *à pression constante*, ou *sans détente* de la vapeur produite, toute la chaleur venue du foyer, et qui a été employée à vaporiser une certaine quantité d'eau, à soulever le piston à une hauteur déterminée, à produire ainsi une quantité déterminée de travail mécanique, se retrouve ensuite dans le mélange de l'eau froide du *condenseur* et de la vapeur condensée. En ce sens, il est bien vrai de dire que le travail mécanique de la chaleur résulte, non d'une consommation de chaleur, mais du *flux* de chaleur d'un milieu dans un autre. Cependant, la chaleur produite par la combustion de la houille a été vraiment dépensée comme la houille elle-même, en ce sens qu'on chercherait vainement à se passer d'une nouvelle consommation de houille et à produire, avec la chaleur transportée dans le condenseur, la vaporisation d'une nouvelle quantité d'eau, d'où résulterait un second coup de

piston et la production d'une nouvelle quantité de travail mécanique, égale à la quantité produite en premier lieu. Il faudrait, pour qu'une telle prolongation de travail pût avoir lieu, employer maintenant, au lieu d'eau, un liquide amené à une très basse température et capable d'émettre des vapeurs douées d'une force élastique suffisante, même à cette basse température, si basse que, par comparaison, la masse d'eau du condenseur agirait sur ce liquide comme un vrai foyer de chaleur, par l'intensité de son rayonnement calorifique. Alors continuerait le travail mécanique produit par le flux de chaleur ou par sa tendance à l'écoulement, du milieu dont la température est plus élevée à celui dont la température est plus basse, comme continue le travail mécanique produit par l'action permanente de la gravité, quand on soustrait l'obstacle qui arrêtait le poids au bas de sa course, et qu'on lui permet de passer, de la région basse où il était parvenu, à une région plus basse encore. Au contraire, de même qu'il ne suffit pas de déplacer un obstacle, et qu'il faut absolument une dépense de force vive pour remonter le ressort débandé et recommencer le travail de la détente, de même, après que la soudaine explosion des gaz dégagés par l'inflammation de la poudre a produit son effet mécanique, l'on ne pourrait avec les mêmes masses gazeuses reproduire un effort semblable, qu'à condition de les comprimer et de dépenser ainsi autant de travail mécanique qu'en produirait la détente ultérieure.

154. — Telles sont, suivant nous, les considérations à l'aide desquelles on devra comparer et concilier les théories, de date encore bien récente, qui déjà

préoccupent beaucoup les physiciens de notre époque, et qui ont pour objet la conversion des forces physiques les unes dans les autres. Dans le second des deux ouvrages cités en note au n° 147, M. Hirn s'est particulièrement occupé de comparer entre elles, à divers points de vue scientifiques et philosophiques, les deux théories qui lui ont paru offrir les contrastes les plus tranchés, celle de Carnot[1] et celle d'un physicien allemand, le Dr Meyer. Suivant Carnot, la production de travail mécanique ou de force vive tient essentiellement, non à une consommation de chaleur, mais au flux de la chaleur, d'un milieu dont la température est plus élevée à un milieu dont la température est plus basse : dans la théorie du Dr Meyer, il ne peut y avoir production de force vive sans consommation de chaleur; et réciproquement, à une consommation de force vive correspond une production réelle de chaleur.

Si nous confrontions ces deux théories dans leur application détaillée à l'interprétation des divers phénomènes mécaniques et physiques, nous ferions un livre de physique et non plus un livre de philosophie; nous arriverions probablement à conclure, avec M. Hirn, qu'il y a des faits, les plus importants au point de vue de l'application, dont l'idée de Carnot rend compte d'une manière plus simple, et d'autres

---

[1] Il ne s'agit pas du général républicain, plus connu encore par les actes de sa vie politique que par ses études spéculatives en géométrie et en mécanique, mais de l'un des fils de cet homme célèbre, mort jeune, après avoir fait paraître en 1824 un opuscule intitulé : *Réflexions sur la puissance motrice du feu*, qui a été le point de départ des recherches dont il est question dans ce chapitre.

pour l'explication desquels on ne peut guère se passer de l'idée du Dr Meyer : seulement je crois qu'en suivant les physiciens dans de tels détails, non-seulement nous nous écarterions de notre but, mais encore nous irions contre la vraie pensée de Carnot.

En effet, Carnot s'était placé, bien moins au point de vue du physicien qu'au point de vue de l'économiste et de l'ingénieur; et il convient de maintenir la question sur ce terrain, qui semble être celui d'une pratique plus étroite, et qui est en réalité celui d'une théorie plus large et plus élevée.

Qu'importe à l'économiste, à l'ingénieur, que la chaleur de A ait été transportée en B, ou qu'il y ait eu destruction de chaleur en A, et ensuite production de chaleur en B? Ce qui lui importe, c'est qu'il y a eu, pour la production d'un certain effet mécanique, consommation de combustible, dépense d'une force, d'une puissance, mise par la Nature à la disposition de l'homme. Ce fait, et d'autres du même genre, viennent à l'appui de l'idée que Leibnitz avait eue, d'une dynamique supérieure, dont les lois dominent celles de la mécanique proprement dite; et en s'élevant à ce point de vue, la raison saisit en effet la généralité du principe, que nous ne pouvons rien faire avec rien, ni rien produire sans consommer quelque chose. Elle saisit en même temps l'idée que la Nature nous a donné virtuellement ou en *équivalent* tout ce que nous pouvons produire en consommant les choses mises immédiatement par elle à notre disposition. Telle est la pensée fondamentale du mémoire de Carnot, dans ce qu'il a de philosophique.

Puis, redescendant aux applications usuelles et

pratiques, et s'occupant surtout du jeu de la machine à vapeur, il remarque que la consommation de charbon, la dépense de force naturelle à laquelle correspond dans ce cas une production de force vive, semble n'avoir pour conséquence physique que de faire passer dans l'eau du condenseur la chaleur développée au foyer de la combustion. Mais ce n'est là qu'une remarque accessoire et particulière, qui peut être modifiée ou redressée, sans qu'on touche à ce qu'il y a d'essentiel dans la théorie. Que le cas spécialement considéré par Carnot ne soit qu'un exemple, auquel on peut opposer des exemples contraires, c'est ce qu'on aurait été fondé à affirmer d'avance en considérant que le flux de chaleur ou la chute de température a la plus grande analogie avec la chute d'un poids; et que cependant, à côté de la consommation de force vive, produite par la chute d'un poids, qui peut tomber plus bas encore par le seul écartement d'un obstacle, il y a la consommation de force vive, produite par la détente d'un ressort, que l'on ne peut mettre en état de fonctionner de nouveau, sans consommer pour cela toute la force vive qu'il restituera dans une seconde détente.

155. — Les mêmes remarques trouvent leur application en ce qui concerne la détermination numérique de ce que l'on a appelé l'*équivalent mécanique de la chaleur*. On peut opérer de bien des manières différentes la conversion de la chaleur en force vive et de la force vive en chaleur; et tant qu'on ne possédera pas des notions précises sur la nature du principe de la chaleur, il n'y aura nulle invraisemblance à admettre que les chiffres d'équivalence diffèrent,

selon le mode de conversion employé. La seule restriction théorique à l'indépendance de ces chiffres, c'est qu'on n'aille pas contre le principe des conversions circulaires, ou contre l'axiome *ex nihilo nihil.* On dépense mille kilogrammes de charbon pour produire, à l'aide d'une machine à vapeur, une certaine quantité de travail mécanique qui est employée à faire frotter deux corps l'un contre l'autre, sans les déformer ni les user, et à produire ainsi une certaine quantité de chaleur : il ne se peut que cette quantité de chaleur produite par le frottement surpasse celle qui s'est dégagée dans la combustion des mille kilogrammes de charbon, dès qu'il n'intervient pas (comme dans le cas de l'explosion de la poudre) d'autres consommations de matières ou de forces. Mais elle peut être notablement moindre, lors même qu'on a écarté avec le plus grand soin toutes les influences perturbatrices, toutes les causes accessoires de déchet. Pour déterminer *a priori* le rapport de l'une à l'autre, il faudrait avoir sur la constitution moléculaire des corps, sur la nature des causes qui déterminent le phénomène de la vaporisation des liquides, et celui du frottement des corps solides, des notions théoriques que nous sommes bien loin de posséder. Et ce que nous disons au sujet de la comparaison, de l'équivalence entre la force vive et la chaleur, devra se dire à propos de la comparaison, de l'équivalence entre la force vive et l'électricité, entre l'électricité et la chaleur, et ainsi de suite.

CHAPITRE VIII.

DE LA VALEUR DES HYPOTHÈSES EN USAGE DANS LA PHYSIQUE CORPUSCULAIRE ET DANS LA PHYSIQUE DES IMPONDÉRABLES.

156. — Nous avons eu déjà maintes occasions de faire allusion aux hypothèses par lesquelles nous tâchons de nous rendre compte des phénomènes de la physique corpusculaire et des réactions chimiques, de tous ces phénomènes qui s'accomplissent dans la sphère infinitésimale où nos sens ne peuvent pénétrer (135) : le moment est venu d'entrer un peu dans l'examen de ces hypothèses et d'en apprécier philosophiquement le sens et la valeur.

Démocrite, et après lui Épicure, ont été dans l'antiquité grecque les fondateurs de la philosophie atomistique. Démocrite, dit-on, était savant; il ne s'occupait pas seulement de physique générale et de cosmogonie à la manière des philosophes ioniens; il se livrait encore à des travaux de dissection : mais l'ignorance d'Épicure et de ses disciples était devenue proverbiale dans le monde des philosophes. Ceux des autres écoles n'avaient pas assez de sarcasmes pour les grossières erreurs où Épicure était tombé en astronomie, faute des premières notions de mathématiques. Il n'est donc pas étonnant que la physique de Lucrèce nous paraisse aujourd'hui détestable en bien des points. Cependant, l'idée fondamentale dans la doctrine de Démocrite, d'Épicure et de Lucrèce, celle

qui consiste à tout expliquer dans les phénomènes du monde matériel, par des combinaisons passagères d'atomes indestructibles et inaltérables, est encore l'idée qui règne dans la physique moderne et sous l'empire de laquelle la science va en s'organisant et se développant. Aucune des idées que l'antiquité nous a transmises n'a eu une plus grande, ni même une pareille fortune. Il faut que les inventeurs de la doctrine atomistique soient tombés de prime-abord, ou sur la clef même des phénomènes naturels, ou sur une conception que la constitution de l'esprit humain lui suggère inévitablement, dans les efforts qu'il fait pour saisir la clef des phénomènes naturels.

157. — D'abord, des expériences ou des observations que l'on trouve rappelées dans tous les traités de physique, nous démontrent que les particules de la matière pondérable peuvent être amenées à un état de division et de ténuité qui confond l'imagination presque autant que l'énormité des distances astronomiques (135). A plus forte raison peut-on attribuer aux atomes, si atomes il y a, tel degré de petitesse que le besoin de la cause semble requérir. Voilà déjà une commodité bien grande pour la construction des systèmes atomistiques.

L'observation et l'expérience établissent encore que les corps qui nous présentent au plus haut degré l'apparence d'une masse solide et continue, sont en réalité criblés de pores ou d'interstices qui livrent dans certains cas passage à d'autres matières pondérables, et sans lesquels nous ne pourrions concevoir la propagation des phénomènes de lumière, de chaleur, d'électricité, à l'intérieur de ces corps (103). Lors

donc que la philosophie newtonienne a fait définitivement prévaloir l'idée de l'action à distance, pour l'explication des plus grands phénomènes du monde physique (127), les esprits se sont trouvés tout préparés à concevoir les corps qui tombent sous nos sens comme formés par des systèmes de particules ou d'atomes, maintenus à distances les uns des autres par l'équilibre qui s'établit entre des forces de sens contraires, attractives et répulsives, et oscillant autour de leur position d'équilibre, quand l'équilibre vient à être dérangé. Les atomes crochus d'Épicure, la matière cannelée de Descartes, toutes ces fictions accommodées à l'hypothèse du contact et de l'engrènement des atomes, ont disparu de la physique moderne : mais la conception fondamentale de l'atomisme n'en est pas moins demeurée, tant elle se lie naturellement à toutes les habitudes de notre esprit!

158. — La construction même du mot d'*atome* indique que les anciens atomistes considéraient l'atome comme un corps en miniature qui ne peut d'aucune manière être coupé ou entamé, et qui offre le type de la parfaite rigidité. Mais, le corpuscule restera également indivisible et insécable, soit que le couteau, en contact avec le corpuscule, n'ait pas de prise sur lui à cause de sa rigidité absolue, comme les anciens le croyaient; soit que le couteau ne puisse arriver au contact du corpuscule, comme les modernes l'admettent. Ainsi, dans l'hypothèse à laquelle les physiciens modernes sont conduits, celle d'atomes maintenus à distances les uns des autres, et même à des distances qui (bien qu'inappréciables par aucune expérience), sont pourtant très-grandes par comparaison avec les

dimensions des atomes ou des corpuscules élémentaires, rien n'oblige à concevoir ces atomes comme de petits corps durs ou solides, plutôt que comme de petites masses molles, flexibles ou liquides. La préférence que nous donnons à la dureté sur la mollesse, le penchant que nous avons à imaginer l'atome ou la molécule primordiale comme une miniature de corps solide, plutôt que comme une masse fluide du même ordre de petitesse, ne sont donc que des préjugés d'éducation qui tiennent à nos habitudes et aux conditions de notre vie animale. En conséquence, rien de moins fondé que la vieille créance, si enracinée chez les anciens scolastiques, et perpétuée jusque dans l'enseignement moderne, qui fait de l'*impénétrabilité*, ajoutée à l'*étendue*, le caractère essentiel, la propriété fondamentale de la matière et des corps. Il est trop clair que des atomes qui ne pourraient jamais arriver au contact, pourraient encore moins se pénétrer : de sorte que la prétendue qualité fondamentale serait au contraire une qualité inutile, oiseuse, qui ne pourrait jamais entrer en action, qui n'interviendrait dans l'explication d'aucun phénomène, et que nous affirmerions gratuitement. Il en faut dire autant de l'étendue, en tant qu'attribut ou qualité des atomes, puisqu'en dernière analyse, et dans l'état présent des sciences, toutes les explications qu'on a pu donner des phénomènes physico-chimiques restent parfaitement indépendantes des hypothèses qu'on pourrait faire sur les figures et les dimensions des atomes ou des molécules élémentaires. Quant aux corps de dimensions finies, qui tombent sous nos sens, tous sont certainement pénétrables; et la continuité des formes

de l'étendue, en ce qui les concerne, n'est qu'une illusion[1].

159. — Dans les corps qui tombent sous nos sens, la solidité et la rigidité, comme la flexibilité, la mollesse ou la fluidité, sont autant de phénomènes très-complexes, que nous tâchons d'expliquer de notre mieux à l'aide d'hypothèses sur la loi des forces qui maintiennent les molécules élémentaires à distances, et sur l'étendue de leur sphère d'activité, comparée au nombre de molécules comprises dans cette sphère et aux distances qui les séparent. Or, tandis que la notion familière des corps à l'état solide est ce qui nous a suggéré la conception du corpuscule rigide ou de l'atome élémentaire, comme principe d'explication philosophique et scientifique, ce qu'il y a de plus difficile à expliquer d'une manière satisfaisante, au moyen de la conception des atomes, c'est précisément la constitution des corps à l'état solide. Comment concilier avec la loi de continuité qui doit, selon nos idées, régir les actions à distances entre les atomes, tant attractives que répulsives, la brusque terminaison des corps solides? Il semble qu'à la surface des corps solides, comme à celle des liquides, devrait se trouver une couche formant une sorte d'atmosphère, où l'état moléculaire présenterait une constitution intermédiaire dont les phénomènes sensibles ne nous donnent aucune idée nette; et nulle expérience n'indique la présence d'une pareille couche, au moins pour les solides. En général, les essais nombreux des géomètres pour expliquer par les lois mathématiques

[1] *Essai*....., chap. VIII, n°s 115 *et* 116.

de l'équilibre entre des molécules à distances, les divers états des corps, tels qu'on les observe, n'offrent point les caractères d'une explication arrêtée et vraiment scientifique, déduite de principes simples, servant non-seulement à représenter les faits connus, en vue desquels l'hypothèse a été construite, mais conduisant en outre à des conséquences nouvelles que l'observation ou l'expérience viennent ensuite confirmer (65), en un mot réunissant les caractères d'une explication telle que celle que Newton a donnée des phénomènes astronomiques. Tant qu'un calcul ne fait que rendre ce que l'on a tiré de l'observation pour l'introduire dans les éléments du calcul, à vrai dire il n'ajoute rien aux données de l'observation. On n'est pas sûr d'avoir calculé la véritable orbite d'une comète tant que l'orbite calculée ne sert à relier que les positions mêmes où la comète a été observée, et d'où l'on est parti pour calculer l'orbite : la confirmation vient de ce que l'orbite calculée sert encore à relier des positions qui ne sont observées que plus tard, et après que l'orbite avait été calculée conformément aux positions antérieurement observées.

160. — Lorsque les géomètres expliquent à leur manière la constitution physique des corps, ils font d'ordinaire abstraction de la constitution chimique; ils supposent dans une sphère infinitésimale des milliards de molécules, afin de compenser dans les moyennes, par l'énormité des nombres, toutes les irrégularités de distribution, et de pouvoir substituer, sans erreur sensible, une continuité idéale à la discontinuité réelle. Mais, dans l'ordre des phénomènes chimiques, cette continuité idéale n'est pas admis-

sible, et les groupements s'opèrent par des nombres très petits, avec une fixité rigoureuse (139). La même explication mathématique ne peut donc pas servir à la fois pour les phénomènes chimiques, et pour les phénomènes physiques ou hypo-chimiques, comme nous avons proposé de les appeler. D'autre part cependant, les phénomènes d'isomorphisme, de dimorphisme, et d'autres encore, nous montrent que les conditions de l'état solide, dans les corps cristallisés, tiennent de près à la constitution chimique : ce qui rend encore plus suspectes des explications où l'on prétendrait rendre compte des particularités de structure physique, sans embrasser dans l'explication les caractères chimiques qui les déterminent (142).

161. — D'ailleurs il est évident que, si l'on peut à la rigueur se passer d'une théorie spéciale des agents impondérables, dans l'explication de certains phénomènes de physique moléculaire (des phénomènes de capillarité, par exemple), il est impossible de séparer, dans nos tentatives d'explication, la théorie de la constitution chimique des corps et la théorie des impondérables. Or, en ce qui concerne les impondérables, cette *matière subtile* dont les philosophes ont eu de tout temps une notion si confuse, l'imperfection de nos connaissances actuelles est bien plus sensible encore, qu'en ce qui a trait à la constitution des corps pondérables. Les hypothèses mécaniques mises en œuvre par les géomètres ne fournissent au sujet des impondérables que des explications partielles, fragmentaires, accommodées (ce qui est déjà beaucoup) à un ordre déterminé de phénomènes, et laissant de côté d'autres séries de phénomènes qui pourtant, per-

sonne n'en doute, doivent tenir aux autres par un principe commun. Admettons que Cauchy ait donné sur la constitution mécanique de l'éther une hypothèse d'où l'on puisse tirer, par ses savants calculs, tout ce que l'observation a fait et fera découvrir sur les propriétés des ondes lumineuses, et rapprochons de ce beau travail celui de Poisson sur la distribution de l'électricité à la surface des corps conducteurs, ceux de Fourier sur la propagation de la chaleur dans les corps solides : il restera à montrer quels liens peuvent rattacher entre elles des théories qui jusqu'à présent semblent si indépendantes les unes des autres, et fondées sur des principes si disparates. D'une part, en effet, il répugne à la raison d'admettre que la Nature ait multiplié les agents impondérables, impalpables, incoercibles (c'est-à-dire, après tout, les agents mystérieux) autant que nous le souhaiterions pour la commodité de nos explications partielles et fragmentaires; d'autre part, ainsi qu'on l'a vu dans le chapitre précédent, les progrès des sciences expérimentales nous prouvent qu'effectivement ces agents s'influencent sans cesse, s'engendrent les uns les autres ou se transforment les uns dans les autres : de sorte que nous ne pouvons regarder que comme un échaffaudage provisoire et empirique tout ce qui ne nous met pas sur la voie du principe des générations et des transformations observées.

162. — Plus l'on creuse les explications, plus l'imagination s'y perd, sans que l'abstraite raison y trouve mieux son compte. Après que l'on a comme épuisé l'infinie petitesse pour constituer les atomes de la matière pondérable, il faut les baigner dans des fluides

impondérables, et constituer ceux-ci avec des atomes en comparaison desquels ceux de la matière pondérable devraient passer pour gigantesques. Et comme la matière impondérable (si c'est une matière) n'offre rien qui rappelle le phénomène de la solidité et de la détermination des formes; comme elle ne constitue ou ne paraît constituer que des *milieux* et non des *corps*, il s'ensuit que rien ne peut suggérer l'idée d'attribuer une forme quelconque aux atomes impondérables. Les pyramides ignées de Pythagore et de Platon sont passées de mode et ne reparaîtront plus. Dans la physique mathématique des modernes, les atomes impondérables ne figurent jamais que comme des points mathématiques, tantôt en équilibre, tantôt fluents ou oscillants, et qui ne semblent retenir, de tous les caractères que nous attribuons à la matière, que la mobilité. Tout indique en effet un contraste profond entre les propriétés de la matière pondérable et celles des principes impondérables. Non-seulement ces principes échappent à la balance, comme leur nom l'indique, mais on dirait qu'ils ne participent point à l'inertie de la matière, puisqu'ils n'offrent au mouvement des corps pondérables aucune résistance appréciable [1], et que leur accumulation ou leur dispersion ne donnent lieu à aucun accroissement ob-

[1] Si les mouvements des comètes à courte période paraissent indiquer qu'elles éprouvent dans les espaces célestes une résistance appréciable, il y a lieu, jusqu'à nouvel ordre, de l'expliquer par la diffusion d'une matière pondérable extrêmement raréfiée, plutôt que par la présence de l'éther impondérable, aux vibrations duquel nous rapportous la production des phénomènes de lumière et de chaleur rayonnante.

servable, ni à aucun déchet dans la masse. Tandis que la masse d'un corps pondérable est quelque chose d'essentiellement défini et limité, et en même temps quelque chose d'absolument indestructible, il semble qu'on puisse indéfiniment tirer d'un corps de l'électricité ou en ajouter, pourvu qu'on en tire en même temps ou qu'on y ajoute pareille dose d'électricité contraire. On a pu soutenir, on soutient encore des théories (154) dans lesquelles on admet que la chaleur, l'électricité, sont détruites ou créées de toutes pièces dans les réactions chimiques ou moléculaires; et en un mot, tout ce qui est le fondement réel de l'idée de matière, en ce qui touche les corps pondérables, ou paraît contraire à l'expérience, ou du moins n'a pas été jusqu'ici constaté par l'expérience, en ce qui concerne les prétendus fluides impondérables.

163. — De là l'opinion déjà fort accréditée, que la lumière, la chaleur, l'électricité pourraient bien n'être qu'autant de modalités spéciales de forces ou de mouvements inhérents aux atomes de la matière pondérable. Pour juger du mérite de cette nouvelle hypothèse, il faut distinguer entre les divers ordres de phénomènes qu'on avait et qu'on a encore coutume de rapporter aux agents impondérables. Les uns, tels que la propagation lente de la chaleur dans l'intérieur des corps solides, les dégagements de chaleur, d'électricité dans les réactions chimiques, semblent tellement liés dans leur manifestation à la présence d'un milieu pondérable, tellement rattachés dès lors à la constitution des corps pondérables et aux attributs intrinsèques de la matière pondérable, qu'il nous est bien facile d'admettre et de concevoir (au moins d'une

manière générale et vague) que tout cela pourrait s'expliquer par certains mouvements imprimés aux dernières particules pondérables, ou par certaines forces *sui generis* qui sollicitent ces particules. Il ne faut pas donner cela pour une explication scientifique qui ne sera de longtemps possible, qui ne le sera peut-être jamais, mais pour l'indication philosophique d'un principe rationnel d'explication, du genre de celles dont Pascal, dans sa mauvaise humeur contre les romans scientifiques de Descartes, voulait que l'on se contentât. « Il faut *dire en gros* : Cela se fait par matière et mouvement. » Pascal avait raison : cette manière de *dire en gros* est ce qui distingue la pure et légitime conception philosophique, d'une fausse prétention à une explication scientifique dont le jour n'est pas venu.

La difficulté est autre quand il s'agit de phénomènes tels que ceux de la lumière et de la chaleur rayonnante, que nous n'apercevrions pas sans doute si les corps pondérables étaient supprimés, mais qui nous semblent, dans l'état de nos connaissances, avoir un mode d'existence et de propagation, effectivement indépendant de la présence des corps pondérables. « La lumière et le calorique rayonnant, dit très bien à ce sujet M. Hirn[1], se propagent à travers certains corps solides ou liquides; mais, quelque diaphanes ou diathermanes que soient les corps, il y a toujours diminution notable d'intensité dans la radiation par suite de ce trajet. Dans les gaz où, généralement, la propagation conserve déjà plus longtemps son inté-

[1] *Recherches sur l'équivalent mécanique de la chaleur*, page 226.

grité première, elle la conserve d'ailleurs d'autant mieux que le gaz est plus raréfié, c'est-à-dire que l'espace contient moins de matière. Dans les espaces célestes, la radiation paraît se faire avec une entière intégrité à toutes distances, et la loi mathématique de la diminution d'intensité en raison inverse des carrés des distances, s'applique dans toute sa pureté. La matière ne peut donc être considérée à aucun titre comme le milieu vibrant, puisque la propagation se fait d'autant mieux que la matière est plus rare, et qu'elle se fait en toute liberté là où nous avons toutes raisons de croire qu'il n'y a plus de matière. » Le même physicien remarque encore que, dans les expériences de répulsion et d'attraction entre des courants électro-dynamiques, on peut remplacer les fils métalliques par des tubes de verre où l'on fait le vide graduellement; que dans ce cas la propagation du courant à l'intérieur des tubes, ne commence que lorsque l'air intérieur a acquis un degré suffisant de raréfaction, et ensuite se fait d'autant mieux, et sur une longueur d'autant plus grande, que le vide est plus complet, de manière à produire entre les tubes de verre, selon le sens des courants, les mêmes mouvements d'écart ou de rapprochement qu'on observait entre les fils métalliques. Ce n'était donc pas dans les particules qui constituent les fils métalliques que résidaient essentiellement les forces ou les mouvements qui donnent lieu aux phénomènes électro-dynamiques, mais dans un milieu d'une autre nature, qui subsiste encore après l'exhaustion de toute matière pondérable.

164. — N'oublions pas d'ailleurs que tout le système de la physique moderne serait renversé, s'il fal-

lait renoncer à cette grande idée de la gravitation universelle, conçue dans toute sa pureté mathématique, comme une loi simple, primordiale, ou plus rapprochée de l'essence des choses qu'aucune de celles à l'aide desquelles nous relions, tant bien que mal, les faits, bien autrement empreints de complication et de particularité, que nous rencontrons çà et là dans l'étude de la physique moléculaire. L'idée de la gravitation universelle est le type, le parangon à l'aide duquel nous concevons les forces inter-moléculaires, et nous reviendrions à toutes les obscurités des physiques péripatéticienne ou cartésienne, s'il nous fallait au contraire expliquer vaguement, par des mouvements ou des forces moléculaires, la loi si grande et si simple de l'attraction newtonienne. Jamais nous n'observons que ce qui se passe entre les atomes de la matière pondérable ait la moindre influence sur l'attraction à distance, telle que Newton l'a définie, laquelle persiste au même degré que la masse ou l'inertie des corps, nonobstant tous les changements d'état moléculaire. Mais au contraire, dans les phénomènes où nous sommes portés à soupçonner l'intervention d'un principe impondérable, et surtout dans ce qui est plus spécialement du ressort de l'électricité, on observe que des mouvements qui s'opèrent ou des forces dont l'activité se concentre dans la sphère infinitésimale des phénomènes moléculaires, donnent lieu à des attractions ou à des répulsions à des distances sensibles, tout-à-fait comparables, quant à leur mode de manifestation et quant à leur loi de décroissement, à la gravitation universelle; ou réciproquement, l'on observe que ces attractions ou répulsions à distances sen-

sibles déterminent des réactions dans la sphère infinitésimale des phénomènes moléculaires. Une telle conversion dans les effets dont l'étude et la description appartiennent à ce que l'on est convenu d'appeler la physique des impondérables, paraît en opposition flagrante avec l'une des distinctions les plus nettes que nous offre la physique des corps pondérables : et ce n'est pas, à notre avis, l'une des raisons les moins fortes pour maintenir dans nos explications scientifiques la notion des impondérables, comme principes distincts des éléments de la matière pondérable, ayant leurs énergies propres et leurs propriétés spéciales.

165. — Si l'on est fondé à regarder l'atome pondérable, étendu et figuré, comme n'ayant qu'une existence hypothétique et idéale, il en sera de même, à plus forte raison, de l'atome impondérable. En ce sens donc, la notion d'un éther impondérable, comme celle des corps pondérables, n'impliquera essentiellement que la notion de mouvements ou de forces émanant de centres ou de foyers dynamiques mobiles. L'existence du milieu éthéré et les mouvements intestins qui l'agitent peuvent nous être révélés de deux manières : tantôt par une action directe sur notre sensibilité, que nous ne savons ni ne saurons jamais rapporter à une cause mécanique (132), (auquel cas l'idée des mouvements du milieu éthéré se présente à nous, sans être nécessairement associée à l'idée de force mécanique, quoique l'idée plus générale d'une énergie quelconque l'accompagne toujours); tantôt par une perturbation apportée dans la constitution même des corps pondérables, auquel cas nous associons nécessairement à l'idée de mouvements dans le

milieu éthéré, l'idée d'un déploiement de force mécanique, susceptible d'agir sur la matière pondérable. Et quant à l'objection que le milieu éthéré, s'il est soustrait à la gravitation, doit aussi être soustrait à la loi d'inertie, et dès lors ne doit point avoir de prise sur la matière pondérable, il est clair qu'elle n'est fondée que sur l'extension d'un principe empirique, que d'autres expériences peuvent repousser, comme elles pourraient la justifier. Le postulat de l'action à distance semblait d'abord bien plus difficile à concéder, et l'on s'est pourtant habitué à en faire la concession.

Si cette manière de se rendre compte de l'ensemble des phénomènes du monde physique a quelque fondement, il faut dire que le milieu ou les milieux éthérés ont assez de propriétés communes à la matière pondérable, pour justifier ces dénominations d'éther, de matière subtile, de fluides impondérables ou incoërcibles, dont les hommes ont fait usage pour les désigner, depuis qu'ils se sont pris à réfléchir sur les causes des phénomènes naturels; et que d'autre part ils diffèrent de la matière pondérable par des caractères assez essentiels pour qu'on ait été porté à les regarder comme occupant dans la série des existences un rang intermédiaire entre les corps et les esprits, ou, pour parler le langage de l'ontologie, entre les substances corporelles et les substances spirituelles : mobiles et localisés dans l'espace comme les unes, insaisissables et impalpables comme les autres; propres dès-lors, à ce qu'il semble, à servir de lien physique entre les unes et les autres; mais ce n'est pas encore le moment d'examiner le cas qu'on doit faire de cette dernière conjecture.

CHAPITRE IX.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR L'ATOMISME ET LE DYNAMISME. — DES IDÉES DE CAUSE ET DE SUBSTANCE, EN TANT QU'ELLES PROCÈDENT DES IDÉES DE FORCE ET DE MATIÈRE.

166. — Reprenons les considérations générales déjà indiquées dans le précédent chapitre, en les dégageant de tout détail technique. Nous avons montré que toute hypothèse sur la configuration, sur l'étendue, sur la solidité ou l'impénétrabilité des atomes est absolument dénuée de fondement; et qu'en présence des données de la science moderne, il ne subsiste effectivement, de tout l'échaffaudage du système atomistique, que la conception de points mobiles, centres de forces attractives et répulsives qui les maintiennent à distance les uns des autres. Est-ce à dire qu'il faille substituer à l'hypothèse vulgaire des atomes de dimensions finies, quoique extrêmement petites, et de figures déterminées, quoique inconnues, une autre hypothèse sur la constitution des corps, du genre de celles que Leibnitz et d'autres philosophes qu'on appelle *dynamistes*, ont proposées? Pas le moins du monde, puisque ce serait reproduire sous une autre forme la prétention que nous réputons insoutenable, celle de pénétrer l'essence des choses et d'en assigner les premiers principes. Tout au contraire, nous admettons que la théorie atomistique est d'un usage nécessaire, qu'on ne saurait s'en passer dans

le langage des sciences, parce que notre imagination a besoin de se reposer sur quelque chose, et que ce quelque chose, en vertu des faits que nous avons analysés ailleurs en traitant des sensations [1], ne peut être qu'un atome ou corpuscule étendu et figuré; mais la raison intervient pour abstraire l'idée, ou ce qui fait l'objet d'une véritable connaissance, d'avec l'image qui lui sert de soutien, et dont l'emploi nécessaire n'est que la conséquence des lois de notre organisation intellectuelle. L'hypothèse atomistique est au nombre de ces hypothèses dont il faut bien se garder de blâmer l'emploi, si fréquent dans les sciences, pourvu que l'on ne commette pas la méprise de confondre avec les matériaux de la construction scientifique ce qui n'en est que l'échaffandage extérieur, et pourvu qu'on reconnaisse bien que ces conceptions hypothétiques ne sont pas introduites à titre d'idées, mais à titre d'images, et à cause de la nécessité où se trouve l'esprit humain d'enter les idées sur les images.

167. — Nous avons principalement à noter ici le mode d'association et de contraste de l'idée de matière et de l'idée de force, de l'atomisme et du dynanisme. L'idée de force et celle de corps font simultanément leur apparition dans l'esprit (81); d'un autre côté, nous sommes organisés de manière à pouvoir nous représenter les corps, les peindre dans notre imagination comme dans un tableau, tandis que nous n'avons aucun moyen de peindre les forces et de les représenter autrement que par des signes conventionnels et symboliques : et ainsi, l'image du corps étendu

[1] *Essai*....., T. I, chap. VII.

s'évanouissant, tout moyen de nous représenter le mode d'existence de la force s'évanouit par cela même. Nous sentons à la fois notre propre force et notre propre corps : séparer au dehors ce que la nature a uni en nous choque les lois de notre constitution intellectuelle, le sens commun y répugne ; mais, dans la sphère des spéculations, la raison est portée à restreindre le nombre des postulats, à n'en conserver qu'un, si un seul suffit. De là les deux systèmes contrastants, de l'atomisme pur et du pur dynamisme. L'atomisme pur supprime l'idée de force comme superflue dans l'explication des phénomènes, n'admet que des corps dont les vitesses et les mouvements sont soumis à des lois, et ne pouvant attribuer aux corps qui tombent sous nos sens l'impénétrabilité sans laquelle nous n'imaginons plus comment le corps se distinguerait de l'espace au sein duquel il est placé, il faut bien reporter cet attribut sur des corpuscules qui échappent aux sens, c'est-à-dire sur des atomes. Cet atomisme pur est l'atomisme ancien, qui s'étend pour nous depuis Démocrite jusqu'à Gassendi et à Descartes inclusivement; c'est celui dans lequel Leibnitz *donnait* encore, comme il nous l'apprend, *quand il était petit garçon.* Les atomes s'accrochent, se rencontrent, s'entraînent; tout cela peut se comprendre physiquement, sans que nous fassions intervenir la notion de force qui ne correspond qu'à un mode de notre sensibilité et qui n'exprime que l'une de nos affections intimes. Cependant le succès de la conception newtonienne dans l'astronomie et la physique générale, les progrès de la physique de détail ruinent cet ancien atomisme ; Huyghens, Leibnitz eux-mêmes,

qui avaient pour l'action à distance (cette nouvelle cause occulte) une répugnance insurmontable, sont vaincus; le principe de l'action à distance est accepté, et par là même l'idée de force est inévitablement réintroduite : car, comment concevoir humainement l'action à distance, quel soutien naturel aurait-elle dans notre entendement, si on ne la rattachait à l'idée de force, telle que la Nature nous la suggère? De là le passage ou le retour, par une voie toute moderne et scientifique, au dynanisme pur : car, il n'est pas difficile d'établir que l'idée de force une fois admise rend la conception de l'atome logiquement et philosophiquement superflue, et ne la laisse subsister que pour le besoin de l'imagination et la commodité du langage.

168. — Sans doute, puisque l'imagination joue un grand rôle dans l'exercice de notre faculté de penser, puisque le langage en est l'instrument nécessaire, c'est un grand point que de s'accommoder aux besoins de l'imagination ainsi qu'aux convenances du langage, et cela suffirait bien pour justifier la préférence donnée par le bon sens de l'école française à une explication mi-partie de dynamisme et d'atomisme, sur un système de dynamisme pur qu'on peut préférer ailleurs comme plus rationnel, mais qui ne permettrait jamais à l'exposition élémentaire des sciences physiques d'atteindre au même degré de précision et de clarté. Que l'on ne s'y trompe pas cependant : la clarté qu'on veut obtenir dans l'exposé de la physique, on ne l'obtient qu'à la condition de rendre plus incompréhensible, plus inintelligible, le passage des sciences physiques aux sciences qui ont

pour objet les phénomènes de la vie. Nous nous représentons mieux le jeu des forces physiques quand nous nous les figurons adhérentes à des atomes étendus et figurés, dussent les dimensions et les figures de ces atomes rester indéterminées et sans influence effective sur l'explication scientifique; à la bonne heure : mais alors les phénomènes de la vie ne nous en paraîtront que plus mystérieux, par l'impossibilité de les expliquer au moyen de forces adhérant à des atomes étendus et figurés. L'art d'expliquer, comme l'art de négocier, n'est souvent que l'art de transposer les difficultés. Tel postulat admis, vous expliquerez des choses que vous n'expliquiez pas : où est le gain pour la raison, s'il lui en coûte autant d'admettre le postulat que de rester sans explication pour les choses à l'explication desquelles le postulat doit servir? On dirait qu'il y ait dans certaines choses un fond d'obscurité que les combinaisons de l'intelligence humaine ne peuvent ni supprimer, ni amoindrir, mais seulement répartir diversement, tantôt laissant le tout dans une demi-teinte, tantôt éclaircissant quelques points aux dépens d'autres qui se trouvent par là recouverts d'une ombre plus épaisse. Le système cartésien est un exemple remarquable de combinaisons de ce genre et de ce qu'on pourrait appeler des *déplacements d'ombre*. D'un côté, des substances dont l'attribut caractéristique est l'étendue et qui sont incapables de pensée; de l'autre, des substances dont l'attribut caractéristique est la pensée et qui sont incapables d'étendue : quoi de plus net et de plus précis? Quelle division plus catégorique et plus claire? Sans doute, mais cette simplicité, cette facilité de première

conception conduit à l'absurdité de l'animal-machine et à bien d'autres. Voilà le prix auquel la raison doit payer une satisfaction passagère.

169. — Quoi qu'on en puisse dire dans les écoles scientifiques modernes, où l'on craint surtout de paraître faire de la métaphysique, l'atomisme mitigé, aussi bien que l'atomisme pur, implique la prétention de saisir par quelque bout l'essence des choses et leur nature intime. On ne prétend pas connaître en tout la nature de ce corpuscule sphérique ou polyédrique qu'on imagine, et la raison des forces qui le sollicitent, soit : mais on affirme qu'il a primitivement, indestructiblement, et indépendamment des forces qui le sollicitent ou y adhèrent, des dimensions et une figure déterminées. On atteint donc par là ou l'on croit atteindre, une partie au moins de sa constitution essentielle, un fait primitif : car, supposer que la figure et les dimensions de l'atome fussent des faits dérivés, secondaires, la constitution et l'œuvre d'autres forces, ce serait rentrer dans le dynamisme pur que l'on veut éviter comme inintelligible, ou comme moins intelligible qu'un système mi-parti de dynamisme et d'atomisme à doses modérées. Le but est atteint, et l'exposé des sciences physiques, nous le reconnaissons volontiers, en devient plus aisément intelligible : seulement il ne faut pas être surpris si, par compensation, le passage des sciences physiques aux sciences de la vie en devient beaucoup moins intelligible. Et en somme, pour l'harmonie générale du système de nos connaissances, par conséquent (autant que nous pouvons en juger) pour la plus juste perception de l'harmonie qui certainement existe dans l'ensemble

des choses, la foi dans les atomes est plutôt un embarras qu'un secours.

170. — Par tout ce qui a été dit dans le courant de ce deuxième livre, on voit comment les idées fondamentales de force et de matière apparaissent simultanément, s'expliquent et se soutiennent l'une l'autre, aussi bien au début de la perception sensible et lorsque nos connaissances sont encore à l'état rudimentaire, que lorsqu'elles sont parvenues à se développer et à se systématiser scientifiquement. Sans le sentiment de l'effort exercé, nous n'aurions jamais l'idée de corps : d'autre part, nous ne saurions concevoir la force nue, non inhérente à un corps. Il y a une perpétuelle tendance de la raison à supprimer l'un de ces termes connexes, tantôt la force, tantôt le corps, comme logiquement superflu pour l'explication des phénomènes : il y a une tendance contraire du sens commun (c'est-à-dire de l'esprit humain tel que la Nature l'a fait, composé de raison, d'imagination, d'habitudes) pour rétablir sans cesse cette dualité primordiale que la raison et la logique voudraient réduire à l'unité. Nous connaissons bien maintenant (du moins je le suppose) l'origine de cette double tendance et ses suites, tant philosophiques que scientifiques.

171. Aux idées de force et de matière qui sont la clef de l'explication que nous pouvons donner des phénomènes physiques se rattachent manifestement les idées ou catégories plus générales de *cause* et de *substance*. Quand l'esprit humain se borne à contempler l'enchaînement des vérités abstraites, il a déjà ou il peut avoir l'idée de la raison des choses : il n'a

pas encore celle de cause. Les phénomènes auraient beau se succéder sous nos yeux : si nous n'avions le sentiment de notre intervention active, de l'emploi de notre propre force pour déterminer des phénomènes qui, sans cette intervention et cette force, ne se produiraient pas, nous n'aurions pas l'idée de cause, et nous ne la ferions pas figurer dans les explications que nous donnons des phénomènes naturels. Nous verrions la nuit succéder régulièrement au jour et le jour à la nuit, sans que la régularité et la constance de cette succession alternative nous suggérât (comme il le faudrait dans le système de Hume et d'autres philosophes de cette école) l'idée de la relation de cause à effet. Et ce n'est point là une hypothèse gratuite, puisqu'en fait (suivant une remarque de Reid aussi simple qu'ingénieuse, et qu'on n'a pas manqué de reproduire), depuis plusieurs milliers d'années que les hommes observent cette succession régulière, il n'est arrivé à personne de dire dans son langage que la nuit fût la cause du jour ou le jour la cause de la nuit. Dans le mythe de Saturne dévorant ses enfants, on reconnaît bien une exubérance d'imagination qui tend à mettre une force active là ou nous n'observons qu'un ordre de succession : mais les mythes sont des mythes, et jamais on n'a confondu une expression symbolique ou figurée, avec le langage de la raison.

172. — Bannissez de la physique l'idée de force : ne voyez dans le monde, avec Descartes, que des corpuscules actuellement animés de certaines vitesses et qui se déplacent quand ils se rencontrent, par une propriété essentielle à la matière, ou en vertu d'une loi générale posée par l'Auteur des choses; et il sera

logique de bannir aussi de la physique l'idée de cause. Étant donné le mouvement du corps A dans une direction déterminée, le mouvement du corps B, au bout d'un temps pareillement déterminé, en sera la conséquence, la suite, le corollaire, comme une proposition de géométrie est la conséquence, la suite, le corollaire d'une autre. Les mots de cause et d'effet n'expriment plus alors autre chose que les mots de principe et de conséquence, et partant ils sont superflus. On admet encore, si l'on est théiste, une véritable cause qui est Dieu : les causes, dites secondes, ne sont plus qualifiées de causes qu'abusivement, du moins dans l'ordre des faits physiques.

173. — La relation de l'idée de substance à celle de matière n'est pas moins manifeste. Sans doute nous puisons d'abord dans notre sens intime l'idée de substance, comme nous y puisons celle de force ou de cause. L'idée de substance provient originairement de la conscience que nous avons de notre identité personnelle, malgré les changements continuels que l'âge, l'expérience de la vie et les accidents de toute sorte apportent dans notre constitution physique, dans nos idées, dans nos sentiments, dans nos jugements, dans les impressions que nous faisons sur les autres, et dans les jugements que les autres portent de nous. Cette idée tient donc naturellement à la constitution de l'esprit humain, et la structure des langues en fournirait au besoin la preuve. Mais, lorsque nous employons cette idée qui n'a rien de sensible, à relier entre eux les phénomènes sensibles, la raison pourrait douter de la légitimité de cette application faite hors de nous, si l'expérience ne nous enseignait pas qu'il

y a en effet dans les corps quelque chose qui persiste, malgré tous les changements (101), et quoique ces corpuscules étendus et figurés, qu'il nous plaît d'imaginer, ou plutôt que nous éprouvons le besoin d'imaginer pour servir de soutien aux phénomènes naturels et aux forces qui les produisent, ne soient qu'une pure hypothèse, contredite même par toutes les indications de la raison [1].

174. Si nous imprimons un ébranlement à un point de la surface d'une masse liquide, nous donnons naissance à une *onde* dont nous suivons des yeux la propagation en tout sens. Cette onde a une vitesse de propagation qui lui est propre, et qu'il ne faut point confondre avec les vitesses de chacune des particules fluides qui successivement s'élèvent ou s'abaissent un peu, au-dessus et au-dessous du plan de niveau qui les contient dans l'état de repos. Ces mouvements de va-et-vient imprimés aux particules matérielles restent très-petits et à peine mesurables; tandis que l'onde s'avance toujours, jusqu'à de grandes distances, avec une vitesse que nous apprécions parfaitement sans instruments, et que nous pouvons mesurer de la manière la plus exacte, en nous aidant d'instruments convenables. Si plusieurs points de la surface, éloignés les uns des autres, deviennent à la fois des centres de mouvements ondulatoires, nous verrons plusieurs systèmes d'ondes se rencontrer, se croiser sans se confondre. Tout cela nous autorise bien à concevoir l'idée de l'onde comme celle d'un objet d'observation et d'étude, qui a sa manière d'être, ses lois,

---

[1] *Essai..* .., chap. IX, n°s 135 *et suiv.*

ses caractères ou attributs, tels que celui d'une vitesse de propagation mesurable. Et pourtant la réalité matérielle ou substantielle n'appartient pas à l'onde, mais aux molécules qui, sans se déplacer d'une manière sensible, deviennent successivement le siége de mouvements oscillatoires. Pourquoi le savons-nous? Parce que nous avons pu reconnaître dans ces gouttes ou molécules des caractères de persistance et d'indestructibilité que l'onde ne nous présente pas.

Le son, par sa manière de se manifester, de se propager, ressemble beaucoup à l'onde visible; et effectivement nous avous réussi à démontrer que le son est le résultat d'un mouvement ondulatoire produit dans des milieux pondérables. De ce que notre science de l'acoustique est plus profonde, grâce à cette connaissance acquise, il ne s'ensuit nullement que l'acoustique n'était qu'une fantasmagorie, tant que l'explication du sou par les ondulations d'un milieu pondérable ne se présentait pas à l'esprit ou restait à l'état d'hypothèse. Il en faut dire autant de l'optique, quoique maintenant encore, on ne puisse regarder que comme des hypothèses les explications des phénomènes d'optique fondées sur les oscillations d'un milieu, pondérable suivant les uns, impondérable suivant les autres.

175. — On doit s'attendre à trouver entre les idées de cause et de substance les mêmes associations et les mêmes oppositions qu'entre les idées de force et de matière, dont au fond elles dérivent. Dans certaines écoles physico-mathématiques on a rejeté l'idée de force comme obscure et superflue : dans certaines écoles philosophiques on a, sur le même fondement,

rejeté l'idée de cause, pour ne conserver que celle d'une substance du sein de laquelle sortent toutes les manifestations phénoménales, par un enchaînement de lois nécessaires et qui tiennent à la nature même de la substance. D'autres philosophes au contraire, comme Leibnitz et de nos jours Maine de Biran, ont déclaré, tantôt qu'ils ne comprenaient pas la substance dénuée de toute activité, tantôt que le caractère essentiel de la substance consiste dans l'action et la causalité; c'est-à-dire qu'au fond ils ne se sont attachés qu'à l'idée de cause, comme à l'idée fondamentale et génératrice, en retenant le mot de substance pour se conformer à l'usage reçu ou à des préjugés dominants. Ainsi, mêmes tentatives pour réduire à l'unité, par une analyse logique ou rationnelle, deux idées qui naturellement se produisent dans l'esprit humain, en regard l'une de l'autre. La prédominance de l'idée de substance nous incline vers le matérialisme ou le spinozisme : les écoles spiritualistes et théistes s'accommoderont mieux de la prédominance acquise à l'idée de cause; car au fond c'est dans la matière que l'imagination saisit ou croit saisir la substance; et comme l'imagination n'a aucune prise sur la substance immatérielle, comme nous avons par le sens intime une perception plus claire ou plus immédiate de notre *moi* comme cause que de notre *moi* comme substance, il est tout simple que le spiritualisme se montre favorable à ce qui agrandit le rôle de l'idée de cause, en débarrassant la raison des difficultés sans nombre qu'accumule autour d'elle l'idée de substance, appliquée aux phénomènes qui dépassent l'ordre physique.

CHAPITRE X.

CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES PHÉNOMÈNES ET DES LOIS DE L'ORDRE PHYSIQUE. — DE L'IDÉE DU MONDE, ET DES SCIENCES COSMOLOGIQUES, DANS LEUR CONTRASTE AVEC LES SCIENCES PHYSIQUES PROPREMENT DITES.

176. — Trouve-t-on dans les phénomènes et dans les lois de l'ordre physique quelque caractère général qui soit propre à les définir et à les distinguer de tout ce qui appartient à un ordre différent? La réponse serait bien simple si l'on était fondé à admettre que toute la physique se résout dans la mécanique : les lois générales de la physique ne seraient autres que les lois de la mécanique (123). Mais, comme rien n'autorise suffisamment à présumer cette réduction ou cette réductibilité, il faut chercher s'il n'y a pas quelque chose de commun, et aux phénomènes qui incontestablement ressortissent de la mécanique, et aux autres phénomènes physico-chimiques dont on ne rattacherait l'explication aux lois de la mécanique qu'à l'aide d'hypothèses contestables. Il faut de plus, en bonne logique, que les principes d'où l'on voudrait tirer une caractéristique commune à la mécanique et aux autres branches des sciences physiques, n'aient pas un degré de généralité qui dépasserait même le cercle des sciences physiques, comme on peut au moins le soupçonner de certains principes de dynamique supérieure (154) qui semblent trouver leur ap-

plication, même dans les choses de l'ordre physiologique, intellectuel, politique ou moral [1].

Or, qu'il y ait des principes d'une généralité précisément adéquate à celle de la rubrique sous laquelle nous comprenons tous les phénomènes de l'ordre physique, surtout en vue de les mettre plus tard en contraste avec ceux dans lesquels l'action vitale intervient, c'est ce qu'il semble possible d'établir. Une planète en attire une autre, absolument comme si les autres planètes n'existaient pas; et de même, quand un bloc de glace se fond, le travail de fusion qui s'opère en un point de la masse ne dépend en aucune façon du travail de fusion qui s'opère sur un autre point. En général, nous admettons que chaque élément d'un système matériel exerce sur un autre élément du même système, ou sur chaque élément d'un autre système, l'action qui lui est propre, absolument comme s'il n'y avait que ces deux éléments en présence, et que tous les autres éléments fussent anéantis. Toutes les actions binaires coexistantes se superposent les unes aux autres et parfois se composent et se neutralisent; mais elles n'en subsistent pas moins chacune à part et sans s'influencer ni s'altérer réciproquement, quoique les résultats, qui seuls tombent sous nos sens, puissent être très-divers, selon la manière dont les actions élémentaires se combinent. Un acide A et une base B, mis en présence dans une dissolution chimique, s'unissent pour former un sel, tandis que la combinaison ne se produira pas, si déjà l'acide A se trouve uni à une base B′, pour laquelle il

[1] *Essai*....., chap. XI, n° 154.

a, dans les circonstances données, plus d'affinité que pour la base B. Cependant nous admettons, et tout nous autorise à admettre que l'affinité des molécules acides A pour les molécules basiques B n'est point détruite, quoique l'effet en soit neutralisé ou détruit par la présence des molécules basiques B'. La présence des molécules B' n'annule pas ni ne suspend les vertus inhérentes aux molécules A, ne leur imprime pas des vertus nouvelles, mais s'oppose seulement à la manifestation de certains effets, ou favorise la manifestation d'autres effets. Ce principe, dont nous nous prévalons en mécanique, nous l'appliquons de même ici, quoiqu'il soit téméraire d'affirmer que les phénomènes de l'affinité chimique comportent une explication mécanique; et l'on en ferait pareillement l'application aux phénomènes physiques de toute autre catégorie. Il paraît au contraire cesser d'être applicable quand on passe aux phénomènes de l'organisme, dans lesquels il semble que l'action propre à chaque élément du système organique n'a lieu qu'en vertu du lien organique, et se trouve dans une dépendance immédiate de la structure et des fonctions du système. La coordination des parties de l'être organisé ne produit pas seulement la coordination des effets partiels : elle semble encore déterminer l'action propre à chaque partie de l'organisme.

177. — Si, par le mode de coordination et d'agencement des parties du système matériel, les effets élémentaires sont indépendants les uns des autres, comme sont toujours réputées indépendantes les unes des autres les actions élémentaires qui les déterminent, on tombera sur le cas de la proportionnalité

entre les causes et les effets. Il faut, pour fondre deux kilogrammes de glace, une quantité de chaleur précisément double de celle qui est requise pour fondre un kilogramme, attendu que la fusion de chaque milligramme de glace est un effet qui s'accomplit de la même manière, quelle que soit la masse du bloc, et soit que les autres parties du bloc entrent ou n'entrent pas en fusion. On n'en conclura pas qu'il faut, pour déterminer l'explosion d'une gargousse de deux kilogrammes de poudre, y introduire la matière incandescente à une dose double de celle qui déterminerait l'explosion d'un kilogramme; et ainsi de tous les phénomènes (la plupart fort obscurs encore) que, dans le langage actuel de la chimie, l'on désigne sous le nom de phénomènes *catalytiques*. Ici les effets partiels s'impliquent les uns les autres, malgré l'indépendance attribuée aux actions élémentaires qui les déterminent.

Du reste, comme les effets seuls tombent sous nos sens, comme les forces ou les actions auxquelles nous les rapportons ne sont vues que par les yeux de l'esprit, il est clair qu'il faut dire du principe général dont nous nous occupons, ce que nous disions du principe correspondant en mécanique (121) : ce n'est pas précisément une hypothèse, et c'est encore moins un axiome; c'est un postulat de la raison, d'autant mieux justifié que nous voyons le système de nos explications s'enchaîner plus régulièrement à la faveur du postulat admis.

178. — Toutes les affections des corps, dont l'étude fait l'objet des sciences physiques, ont en outre ce caractère commun, d'être conçues par nous comme

le résultat de certaines propriétés ou forces permanentes, indélébiles, inhérentes à la matière dans tous les temps et dans tous les lieux. Nous voyons un corps se mouvoir dans un milieu résistant : sa vitesse décroît progressivement, s'use en quelque sorte, et finalement le corps arrive au repos; ce corps a changé d'état avec le temps; sa vitesse a été, comme disent les géomètres, une fonction du temps (52); mais ce phénomène mécanique est la suite nécessaire de propriétés qui ont toujours appartenu, qui appartiendront toujours aux molécules du corps et à celles du milieu au sein duquel sa vitesse s'est progressivement épuisée. La mobilité, l'inertie, la masse de chaque molécule, rien n'a changé ni ne changera pendant la durée du phénomène que nous avons observé, comme dans les temps antérieurs et postérieurs. De même que nous sommes conduits (55) à regarder l'écoulement du temps comme indépendant de tous les phénomènes qui s'accomplissent dans le temps, ainsi nous admettons que tout phénomène de l'ordre purement physique est gouverné par des lois permanentes et immuables dans le temps. La masse de la terre a été, est peut-être encore soumise à un refroidissement séculaire, et en ce sens son état thermométrique change avec le temps : cependant nous n'en regardons pas moins comme permanentes ou comme indépendantes du temps les lois de la propagation et du rayonnement de la chaleur dans les milieux pondérables ou dans les espaces privés de matières; de sorte que le temps intervient dans la mesure et dans la détermination des effets, en raison de l'état du système à l'époque d'où l'on compte le temps, mais non dans la

mesure ou dans la détermination des forces ou des causes actives d'où procèdent les changements d'état du système. De même, lorsque des molécules chimiquement inactives l'une sur l'autre, à cause de la distance qui les sépare, s'approchent assez pour que de nouvelles combinaisons chimiques puissent se produire, nous n'admettons point que ces molécules acquièrent par le rapprochement des propriétés ou des énergies qu'elles n'avaient pas : nous admettons au contraire qu'elles ont toujours possédé et qu'elles possèderont toujours ces énergies, ces aptitudes chimiques dont les effets seuls commencent, cessent et varient d'après des circonstances variables avec le temps. En général, toutes les fois qu'il s'agit de phénomènes de l'ordre physique, si ces phénomènes paraissent de prime abord dépendre de forces ou de causes qui varient avec le temps, il est dans les lois de notre intelligence de ne regarder le phénomène comme expliqué, que lorsqu'il a été ramené à dépendre de causes permanentes, immuables dans le temps, et dont les effets seuls varient à partir d'une époque donnée, en conséquence des dispositions que le Monde ou les parties du Monde que nous considérons, offraient à cette époque : dispositions que notre intelligence accepte, non comme des lois, mais comme des faits (41). Le progrès constant des sciences physiques, accompli sous l'empire de cette idée régulatrice, la justifie suffisamment aux yeux du philosophe.

179. — En est-il de même, en dehors de l'ordre des phénomènes purement physiques, et lorsqu'il s'agit des phénomènes de la vie? Prenez garde que

la tendance à résoudre la question par l'affirmative ne soit autre chose que la tendance à donner de la vie une explication purement physique, à admettre qu'en définitive les phénomènes vitaux ne sont qu'un mode particulier de manifestation des propriétés de la matière ou des milieux impondérables agissant sur la matière. Effectivement, si l'on part de là, il faut bien croire que l'aptitude aux manifestations de la vie, comme l'aptitude aux manifestations chimiques, tient à des propriétés immanentes de la matière et des milieux impondérables, lesquelles n'attendent qu'une disposition propice pour produire les effets qui tombent sous notre observation. Que si l'on admet au contraire que l'explication des phénomènes vitaux par les propriétés physiques des corps ne sera jamais trouvée parce qu'elle n'est pas trouvable, on ne voit plus de motif suffisant d'afffrmer que les phénomènes vitaux, certainement variables avec le temps, doivent être rapportés à des forces, à des énergies primitives, immuables dans le temps. Il y a plutôt de bons motifs de croire que les périodes d'activité et de langueur, par lesquelles passent les phénomènes de la vie, ne tiennent pas seulement aux altérations matérielles des organes, mais bien plutôt à des changements essentiels dans l'énergie du principe actif qui détermine les évolutions de l'être vivant, et qu'à cet égard, comme à beaucoup d'autres, existe un contraste profond entre l'ordre des phénomènes purement physiques et celui des fonctions vitales. Nous devrons reprendre plus loin ces remarques; car il ne s'agit ici que de résumer le système de nos idées sur les phénomènes de l'ordre physique.

180. — De tout ce qui vient d'être exposé, il semble résulter que les termes d'*excitation*, de *stimulant*, d'*exaltation*, et autres semblables, lorsqu'on les emploie à propos de phénomènes de l'ordre physique et des forces qui les déterminent, ne sont employés qu'improprement et abusivement, par allusion à notre manière de concevoir les phénomènes vitaux. On frappe un timbre, et un certain temps s'écoule pendant lequel le timbre éprouve un frémissement sonore : est-ce à dire que le choc du marteau a éveillé, excité, exalté la sonorité du timbre? A quoi bon ce langage figuré, quand nous concevons clairement que le choc a troublé l'équilibre moléculaire, et que de là sont résultés, en vertu des lois de la mécanique et des forces permanentes dont les molécules sont animées, des mouvements vibratoires qui, en se propageant jusqu'à notre oreille, y déterminent la sensation du son, et qui diminuent graduellement par suite des résistances qu'ils éprouvent? Sans doute nous ne concevons pas aussi clairement comment le frottement d'un barreau aimanté détermine, passagèrement dans un barreau de fer doux, et d'une manière durable dans un barreau d'acier trempé, les propriétés magnétiques; comment un corps phosphorescent, longtemps soumis aux rayons solaires, rend ensuite dans l'obscurité une lueur plus vive et plus durable; comment les rayons solaires, agissant sur le chlore à l'état sec et gazeux, le rendent ensuite plus propre à se combiner chimiquement, même dans l'obscurité, au gaz hydrogène avec lequel on le mélange; comment les particules d'oxygène, travaillées en quelque sorte par l'électricité, acquièrent des aptitudes chimiques spé-

ciales, au point que l'on a cru devoir désigner par un mot nouveau, celui d'*ozone*, l'oxygène ainsi modifié : mais il est raisonnable d'admettre, au moins jusqu'à nouvel ordre, que, dans un état plus parfait de nos connaissances, nous pourrions expliquer tous ces phénomènes comme nous expliquons celui de la sonorité passagère du timbre, par la manière dont agissent et réagissent passagèrement, à la faveur de circonstances passagères, des forces perpétuellement inhérentes à la matière et aux milieux pondérables; qui n'ont pas besoin d'être éveillées, qui ne sont jamais engourdies, quoiqu'elles restent inefficaces quand les circonstances ne se prêtent pas à une action efficace.

Si le progrès des observations et des théories nous forçait jamais d'abandonner cette manière de voir, il y aurait là en effet un passage des plus remarquables de la physique à la physiologie, des phénomènes physiques aux phénomènes vitaux : jusqu'ici la démarcation est tellement tranchée à d'autres égards, qu'il faudrait de bien graves motifs pour introduire une telle modification dans le système de nos conceptions scientifiques.

181. — La curiosité de l'homme n'a pas seulement pour objet l'étude des lois et des forces de la *Nature;* elle est plus promptement encore excitée par le spectacle du *Monde*, par le désir d'en connaître la structure actuelle, les révolutions passées et, s'il se peut, les destinées futures. Ce peu de mots suffit déjà pour faire sentir en quoi l'idée de la Nature diffère de l'idée du Monde, et pourquoi il y a lieu de distinguer entre la série des sciences *physiques* et la série des sciences

cosmologiques [1]. La physique proprement dite, dans ses branches si multiples, la chimie, la cristallographie sont des sciences de la première catégorie : ce sont celles auxquelles s'applique en toute rigueur ce que les anciens disaient de la science en général, qu'elle n'a jamais pour objet le particulier, l'individuel. Au contraire, l'astronomie, la géologie (comprenant ce qu'on appelle de nos jours la physique du globe et la géographie physique) doivent être rangées sous la rubrique des sciences cosmologiques; et à coup sûr on ne les en estime pas moins, pour s'occuper d'objets particuliers ou individuels, tels que le soleil, la voie lactée, l'anneau de Saturne, la lune ou la terre.

182. — Le propre des sciences physiques est de relier en système des vérités immuables et des lois permanentes, qui tiennent à l'essence des choses ou aux qualités indélébiles dont il a plu à la puissance suprême de douer les choses auxquelles elle donnait l'existence : au contraire, l'objet des sciences cosmologiques est une description des faits actuels, considérés comme le résultat de faits antérieurs, qui se sont produits successivement les uns les autres, et qu'on explique les uns par les autres, en remontant ainsi jusqu'à des faits pris pour points de départ, qu'il faut admettre sans explication, faute de connaître les faits antérieurs qui les expliqueraient. En d'autres termes, les explications qu'admettent les sciences cosmologiques se fondent principalement sur l'histoire des phénomènes passés : le mot d'*histoire* étant pris ici dans son acception philosophique la plus

---

[1] *Essai.....*, T. II, et plus particulièrement les chap. XX *et* XXII.

large, et non pas dans le sens restreint où on l'emploie, quand il sert à désigner le récit des événements qui se sont passés au sein des sociétés humaines, et particulièrement le tableau des destinées des nations et des révolutions des empires. Il faut signaler, à propos des sciences que nous appelons cosmologiques, cette première apparition de la *donnée historique*, qui doit prendre, dans le système de nos connaissances, une part de plus en plus grande, à mesure que nous passerons, de l'étude des phénomènes cosmiques les plus généraux, à celle des phénomènes plus particuliers que nous offrent les êtres vivants, pour arriver enfin à l'étude des faits où l'homme a la principale part (80).

183. — Deux systèmes, pour être foncièrement distincts, n'en ont pas moins leurs connexions et leurs enchevêtrements. Il est dans la force des choses que les sciences cosmologiques fassent continuellement usage des données que leur fournissent les sciences physiques : il arrive aussi, quoique plus rarement et en quelque sorte par accident, que les sciences physiques impliquent une donnée cosmologique ou historique qu'il faut dégager. Par exemple, on regarde comme étant du domaine de la physique proprement dite de déterminer le *coefficient* d'intensité de la pesanteur terrestre, ou l'espace que décrit pendant la première seconde de sa chute un corps pesant, tombant dans le vide, à une latitude donnée et à une hauteur déterminée au-dessus du niveau des mers. Après que cette première donnée aura été fournie par l'expérience, on sera en mesure d'assigner théoriquement toutes les particularités du mouvement d'un corps pesant. Or, cette donnée dépend de la

figure et des dimensions de la terre, de sa masse et de sa vitesse de rotation, toutes choses dont la détermination appartient à l'observation cosmologique, et dont nous ne pourrions rendre raison que par la connaissance historique des phases que le Monde a traversées, antérieurement à l'ordre actuel. L'expérience que Cavendish a imaginée pour manifester et mesurer la faible attraction qu'exercent l'une sur l'autre, en vertu de la gravitation universelle, les deux sphères de plomb sur lesquelles il opère, élimine toutes ces données cosmologiques. Le résultat qu'il obtient, s'il est exact, l'a été et le sera toujours; il resterait le même, si l'on transportait les deux sphères de plomb à la surface de Saturne ou par delà la voie lactée. Il tient (nous le concevons du moins ainsi) aux propriétés indélébiles de la matière et ne dépend point de la succession des phénomènes antérieurs. Il appartient en un mot à la physique pure.

184. — Une telle distinction est nécessaire pour entendre dans son vrai sens ce que les métaphysiciens disent du principe de la constance ou de la permanence des lois de la Nature [1]. Une pierre abandonnée à elle-même tombe actuellement à la surface de la terre : le principe que les lois de la Nature sont constantes suffit-il pour nous autoriser à conclure que cette pierre tomberait de même et avec la même vitesse, si l'on récidivait l'expérience dans le même lieu au bout d'un temps quelconque? Point du tout : car, si la vitesse de rotation de la terre allait en croissant avec le temps, il pourrait arriver une époque où

---

[1] *Essai*....., chap. IV, n° 48.

l'intensité de la force centrifuge balancerait celle de la gravité, puis la surpasserait. Aussi ne s'agit-il pas là d'une expérience de physique pure, mais d'une expérience qui est influencée par certaines données cosmologiques. L'expérience de Cavendish n'est point dans le même cas, du moins d'après l'idée que, dans l'état de nos connaissances scientifiques, nous nous formons de la loi de la gravitation universelle; et voilà pourquoi nous sommes autorisés à porter à l'égard de cette expérience un jugement tout différent. Supposez que des observations ultérieures viennent donner en cela un démenti à nos théories scientifiques et qu'il faille revenir à des idées cartésiennes, en attribuant les apparences de l'attraction entre les corps pondérables à la pression d'un certain fluide qui pourrait être inégalement distribué dans les espaces célestes : dans cette hypothèse, aujourd'hui si improbable, l'expérience de Cavendish pourrait donner des nombres variables, selon que notre système solaire se transporterait dans des régions où le fluide dont il s'agit serait inégalement accumulé. On verrait reparaître dans l'interprétation de cette expérience la donnée cosmologique ; mais l'esprit humain n'en concevrait pas moins la possibilité et même la nécessité de remonter jusqu'à des lois et à des propriétés permanentes, qui sont l'objet de la physique pure, et qui, en se combinant avec certaines données cosmologiques, engendrent les phénomènes observés. Pour forcer l'esprit humain à renoncer à cette idée régulatrice, il faudrait lui montrer qu'elle le trompe sans cesse et le promène d'illusions en illusions, de contradictions en contradictions, sans porter nulle part

l'ordre et la lumière : tandis que la régularité avec laquelle se poursuit la construction de l'édifice des sciences physiques, sous l'empire de cette même idée, la légitime parfaitement, et imprime au système des sciences physiques un de ses caractères essentiels.

C'est une grande question que celle de savoir si la même idée doit être admise dans tout ce qui touche à l'histoire des êtres vivants. Telle espèce a apparu dans tel temps, puis a disparu : il se peut que l'apparition et la disparition doivent être imputées uniquement au changement des circonstances ou des conditions extérieures, mais il se peut aussi que l'ensemble des observations nous force à rejeter cette explication comme insuffisante, ce qui reviendrait à dire que la puissance organisatrice de la Nature n'est pas tenue d'agir toujours de la même manière dans des circonstances identiques; qu'elle a ses *époques*, ou en d'autres termes qu'elle est gouvernée par des lois dans l'expression desquelles le temps entre d'une manière immédiate, et non pas seulement en tant que les circonstances varient avec le temps. Nous aurons à revenir plus loin sur ces considérations si délicates.

CHAPITRE XI.

DES IDÉES D'UNITÉ, D'INDIVIDUALITÉ, D'ESPÈCE ET DE TYPE, DANS LEUR APPLICATION AUX SCIENCES PHYSIQUES ET COSMOLOGIQUES. — DE L'INFINITÉ DU MONDE, DANS L'ESPACE ET DANS LE TEMPS.

185. — Il faut maintenant examiner comment s'appliquent aux choses de l'ordre physique et cosmologique les idées dont nous avons traité sommairement dans notre premier livre, en annonçant que nous les retrouverions, diversement modifiées, à tous les étages de nos constructions théoriques : à savoir les idées d'unité, d'individualité, d'espèce, de type, et en dernier lieu l'idée de l'infini.

Si l'on écarte de nos théories physiques ce qui porte essentiellement le cachet de l'hypothèse, c'est-à-dire les conceptions atomistiques, les idées d'unité et d'individualité ne peuvent guère intervenir dans les sciences physiques proprement dites qu'à propos des phénomènes de la cristallisation : encore les cristaux s'offrent-ils rarement à nous dans un état d'isolement qui en accuse nettement l'individualité. En revanche, les sciences cosmologiques abondent en descriptions d'objets matériels et inorganiques, auxquels les circonstances de leur formation ont donné un caractère d'individualité bien net : les astres dans les espaces célestes, et à la surface de notre planète les continents, les îles, les lacs, les caps, les montagnes, etc. Quand ces objets ont pour nous un intérêt particulier, nous

leur donnons des appellations individuelles, des noms propres; tandis que les mots par lesquels nous désignons les objets dont traitent les sciences physiques proprement dites, tels que les métaux, les gaz, les sels, ne sont pas des noms propres, selon la notion grammaticale, puisqu'ils ne s'appliquent pas à des individus déterminés. L'*eau* n'est pas un nom propre, l'*Océan* en est un : or, l'idée de l'eau est une idée purement physique, et l'idée de l'Océan est une idée cosmologique.

En cosmologie, le caractère d'individualité et le nom propre adhèrent souvent à des objets qui n'existent, pour ainsi dire, que cosmologiquement et non physiquement, ou dans le mode d'existence desquels il n'y a que la forme qui soit constante et déterminée en vertu de certaines conditions cosmologiques, tandis que le *substratum* matériel change sans cesse. Ainsi des fleuves, des courants marins et atmosphériques : car apparemment on ne prétendra pas que le Nil, le Rhône, le Rhin ne soient que des abstractions logiques, des objets sans réalité [1]. A ce point de vue donc, l'histoire du monde inorganique se rapproche déjà de l'histoire des êtres vivants par un caractère des plus saillants, sinon par le caractère le plus viscéral. Or, le caractère dont il s'agit exige évidemment le concours de deux conditions. Il faut d'abord que les substances matérielles qui entrent dans la sphère d'individualité ou qui la quittent, y entrent ou en sortent à la faveur de cette modalité des corps, que nous nommons la fluidité. Il faut en outre que

[1] *Essai*....., chap. XI, n° 158.

le monde physique ait acquis, dans quelques-unes de ses parties, un ordre, un aménagement, une économie qui nous rappellent l'ordre et l'économie des fonctions vitales (quoique sans doute le principe en soit autre), ou qui du moins semblent nous y acheminer. Les eaux sauvages, comme on les appelle, c'est-à-dire non encore aménagées, par suite d'une tendance générale des phénomènes cosmiques à l'ordre et à la régularité, ne seraient point propres à nous suggérer l'idée de ce mode d'individualité que nous nommons cosmologique.

186. — L'idée d'espèce et les divers principes de classification trouvent à la fois leur application dans les sciences physiques et dans les sciences cosmologiques. Quelquefois, comme lorsqu'il s'agit des composés chimiques, la classification est la conséquence immédiate et nécessaire de la définition scientifique ou de la formule qui l'exprime : tandis que, s'il s'agit d'objets tels que les métaux ou les autres corps réputés simples dans l'état de nos connaissances, les analogies à l'aide desquelles on forme des genres, ou des groupes d'ordre supérieur, peuvent être plus ou moins étroites, peuvent paraître, avec plus ou moins de probabilité, accidentelles ou essentielles, de manière à ne pas permettre toujours une distinction bien tranchée entre les classifications vraiment fondées sur la nature et la raison des choses, et les classifications artificielles et systématiques. Mais, lorsque nous tombons sur des groupes que chacun s'accorde à regarder comme parfaitement naturels (tels que le groupe des radicaux chimiques *halogènes*, le fluor, le chlore, le brôme, l'iode), on ne met plus en doute l'existence

de quelque rapport caché, immuable comme toute loi physique, qui expliquerait, par la *constitution permanente* des objets dont il s'agit, leurs affinités naturelles, absolument comme la théorie explique les affinités naturelles que présentent tous les carbonates et tous les sulfates. D'ailleurs il ne répugne point pour ces classifications d'objets physiques, pas plus que pour des classifications d'objets qui n'ont qu'une existence géométrique ou idéale (46), que le même objet figure dans des classifications diverses, toutes fondées en nature et en raison, et dont les clefs seraient différentes; que, par exemple, le sulfate de soude figure à la fois dans le genre des sulfates et dans le genre des sels à base de soude.

Que s'il s'agit d'objets considérés dans leur mode d'existence cosmologique, on admettra que les affinités naturelles ont leur fondement dans l'identité ou la parité des circonstances de leur origine. Ainsi les grosses planètes, Jupiter, Saturne, Uranus, à rotation rapide, à aplatissement très-prononcé, escortées de plusieurs satellites, forment un groupe naturel, tandis que les nombreuses planètes télescopiques, comprises entre l'orbite de Jupiter et celle de Mars, en forment un autre : et pour l'un et l'autre groupe nous présumons que l'association naturelle (l'épithète de *rationnelle* choquerait dans ce cas) a sa cause dans les conditions initiales sous l'empire desquelles s'est opérée la formation ou la genèse de ces groupes planétaires. La même remarque s'appliquerait aux classifications géologiques des roches ou des terrains. De cette manière encore, la cosmologie nous achemine vers les idées qui doivent prévaloir dans la conception

des rapports naturels qui unissent entre eux les êtres organisés.

Toutes ces distinctions ne sont pas sans quelques subtilités, auxquelles il faut se résoudre, précisément pour se préparer à des distinctions plus délicates, dans l'analyse des phénomènes du monde organique. Ainsi le mot de *formation* ne doit pas faire illusion, et il ne faut pas confondre les conditions d'une expérience destinée à révéler des lois permanentes, avec les conditions de la genèse des objets cosmiques. Par exemple, les physiciens ont observé que la diversité des formes secondaires que peut présenter une même espèce cristallographique (formes qui toutefois se rattachent au même système cristallin et peuvent être censées dérivées toutes de la même forme primitive) tiennent aux circonstances de la cristallisation, à la température, à la nature du milieu qui contient en dissolution la matière cristallisable. Ce sont là, si l'on veut, des circonstances de formation, mais d'une formation étudiée au point de vue théorique et non historique, pour formuler une loi générale, non pour rendre compte des particularités accidentelles que présente, dans tel de ses recoins, la structure du Monde.

Les classifications de pure physique comprennent au même titre les combinaisons que nous trouvons toutes faites dans la Nature, celles que nous n'avons vues jusqu'ici réalisées qu'à l'aide de nos expériences de laboratoire, et celles mêmes dont nous concevons l'existence comme possible, quoique nous ne les ayons pas encore réalisées. Il en est autrement pour la classification des objets qui n'ont scientifiquement d'im-

portance qu'au point de vue cosmologique; et rien ne marque mieux ce contraste que l'exemple des espèces minéralogiquement définies, mises en regard des roches ou des agrégations naturelles de minéraux, susceptibles aussi de distinctions spécifiques, mais dont la description et la classification n'intéressent que le géologue. On découvre de temps en temps de nouvelles espèces minéralogiques, et surtout l'art des laboratoires en fabrique sans cesse de nouvelles, soit par la composition chimique, soit par le mode de cristallisation. Nous concevons un système idéal, une série ou un tableau de toutes les espèces minérales possibles, dont la compréhension et l'expression par une formule adéquate est l'objet des visées du minéralogiste, le schème qu'il poursuit, toute abstraction faite des particularités accidentelles qui les ont offertes ou soustraites à nos regards, en donnant aux unes et en refusant aux autres l'existence cosmologique. Mais, qui songerait à un schème de toutes les roches possibles? Nous nous contentons, avec grande raison, de décrire et de classer les roches existantes. Toutes ces remarques ou des remarques analogues trouvent leur application, à la fois plus délicate et plus importante, lorsqu'il s'agit des êtres doués d'organisation et de vie.

187. — L'idée de type est fort connexe à celle de genre et d'espèce, et nous l'invoquons aussi, à propos d'objets doués du mode d'existence physique ou cosmologique. Nous l'invoquons de préférence lorsque le groupement générique tient bien manifestement à un caractère de forme, et que les espèces se distinguent entre elles par la substitution d'une substance

à une autre. La chimie moderne abonde en exemples de corps dont la formule chimique est la même, qui jouissent en conséquence de propriétés singulièrement analogues, et qui ne diffèrent les uns des autres que parce qu'à l'un des atomes ou des groupes atomiques s'en *substituent* d'autres, doués de propriétés analogues. Alors on pourra dire indifféremment que tel corps appartient aux genres des aluns, des alcools, des éthers, ou bien qu'il est un exemplaire du type des aluns, des alcools ou des éthers. En pareil cas, la découverte d'un type nouveau fait immédiatement prévoir la réalisation possible ou même facile de plusieurs autres exemplaires du même type.

Nous remarquions tout à l'heure que le même corps peut être réputé appartenir à plusieurs genres qui ont tous des droits, quelquefois même des droits égaux à la qualification de genres naturels. L'idée de types diffère encore par là de l'idée de genre : car certainement il est impossible de concevoir le même corps comme construit à la fois sur deux types différents; ce sera un éther ou un alcool, mais non pas à la fois un alcool et un éther.

On a recours à l'idée de type dans les sciences cosmologiques, principalement lorsqu'il s'agit de comparer deux classes d'objets, analogues par certains côtés, mais très dissemblables par d'autres, sans que des objets, d'une constitution mitoyenne, établissent le passage d'un groupe à l'autre, et sans que nous entrevoyions de raisons pour que les intermédiaires manquent, comme si la Nature s'était volontairement assujettie à copier certains modèles, certains types, et non d'autres. Ainsi, dans notre système cosmique, les

planètes et les comètes, assujetties également à circuler autour du Soleil, et obéissant pareillement aux lois de la gravitation, offrent à d'autres égards des caractères tellement contrastants, qu'il semble que les uns soient choisis tout exprès pour faire ressortir les autres : il y a là comme deux types distincts, sans transition de l'un à l'autre, quoique ce que nous connaissons des lois de la matière et de l'ordre du Monde ne suffise pas pour nous expliquer l'absence de semblables transitions.

188. — Nous arrivons à l'application physique et cosmique de l'idée de l'infini, sur laquelle les métaphysiciens ont vainement disserté, faute de tenir assez de compte des données que fournit l'investigation scientifique. Ainsi, Kant a rangé parmi ce qu'il nomme les *antinomies de la raison* la contradiction résultant, selon lui, de ce qu'il serait également impossible de concevoir le Monde comme infini ou comme limité dans l'espace : en quoi ce sévère argumentateur a cédé (comme l'avait fait avant lui l'austère génie de Pascal) à un goût d'antithèses, à une apparence trompeuse d'analogie ou de symétrie, si propres à égarer les esprits spéculatifs. Sur ce point nous n'hésitons pas à rétracter l'adhésion que nous avions donnée ailleurs par mégarde à la formule de Kant[1] : l'infini vaut bien la peine qu'on y regarde de près et qu'on avoue ses méprises; et d'abord il convient d'étudier la question de l'infini en petitesse.

L'observation, convenablement interprétée, nous apprend que la division de la matière peut être pous-

[1] *Essai.....*, chap. X, n° 145.

sée jusqu'à un degré qui étonne notre imagination, sans que la raison trouve en cela aucun mystère (157). Quant à cette pierre d'achoppement de la vieille scolastique, qu'on appelait la question de la divisibilité de la matière à l'infini, elle doit être définitivement supprimée de la philosophie naturelle. Le conflit philosophique s'établit nettement aujourd'hui entre l'atomisme et le dynamisme, ainsi que nous l'avons expliqué aux chapitres VIII et IX de ce livre : or, dans le système de l'atomisme, il est parfaitement clair que la matière ne comporte qu'une division limitée; et si la matière n'est qu'un phénomène, une apparence, comme l'entendent les dynamistes, il devient fort oiseux d'examiner si une apparence peut être divisible à l'infini.

Mais, dans le sens cosmologique, la question se présente sous une autre face qui mérite qu'on l'examine. En effet, la raison ne serait nullement choquée, si l'observation, en pénétrant de plus en plus dans le monde microscopique, y rencontrait un arrangement et des phénomènes parfaitement comparables, sauf la différence d'échelle, à l'arrangement et aux phénomènes du monde pour lequel nos yeux ont été faits, ou même à l'arrangement et aux phénomènes du monde télescopique. Dans cette hypothèse qui n'a rien, je le répète, de contraire à la raison, la force de l'analogie nous porterait à admettre que rien ne limite cet emboîtement des mondes les uns dans les autres, et que nous nous trouvons à cet égard intercalés dans une série qui a son milieu partout et ses bouts nulle part.

Or, en dépit de certaines déclamations éloquentes,

l'observation, la science démentent positivement l'hypothèse qu'autrement la raison ne rejetterait pas. A chaque échelle de grandeur ou plutôt de petitesse (puisqu'en ce moment nous sommes censés aller du plus grand au plus petit) correspondent des phénomènes d'un certain ordre et non d'autres. On ne voit pas de cristaux gros comme des planètes ou des montagnes, et nous avons beau augmenter la puissance de nos microscopes, nous ne trouvons dans un cristal ou dans une goutte d'eau rien qui ressemble à un système planétaire, pas plus que nous ne trouvons, parmi les végétaux ou les animalcules microscopiques, des miniatures de chênes, de palmiers, d'éléphants ou de baleines. Les phénomènes d'ondulations lumineuses, les phénomènes capillaires, les phénomènes chimiques ont leurs échelles respectives distinctes, n'empiètent pas les uns sur les autres, ne se reproduisent pas périodiquement à tour de rôle, comme il le faudrait dans l'hypothèse d'un emboîtement indéfini des phénomènes cosmiques. Et la conséquence que la raison doit en tirer, c'est qu'en fait la série est limitée, et qu'il y a un point de départ, un commencement dans la petitesse, au point de vue de la structure du Monde et de l'échaffaudage des phénomènes cosmiques les uns sur les autres. Peu importe que nous puissions ou non imaginer dans notre cerveau, qui n'est pas construit pour cela, ce degré de petitesse extrême qui doit être le point de départ des phénomènes cosmiques : la raison en conçoit sans peine l'existence, comme elle en aurait conçu sans peine, quoi qu'en ait pu dire Kant, la non-existence dans l'hypothèse contraire, si l'observation scienti-

fique s'était effectivement prêtée à l'hypothèse de l'emboîtement indéfini.

189. — Ce que l'observation détruit pour l'infiniment petit, est précisément ce qu'elle établit ou tend à établir pour l'infiniment grand. Et d'abord nous soutenons que la raison n'éprouve aucune peine à admettre, soit l'infinie grandeur du Monde, soit sa limitation dans l'espace, sauf à incliner, selon les données de l'observation scientifique, vers l'une ou vers l'autre thèse. Lorsque l'Inquisition faisait brûler à Rome, à la fin du seizième siècle, Jordano Bruno, en partie pour avoir soutenu la thèse de l'infinité du Monde dans l'espace, elle punissait cruellement une opinion qui déjà avait été taxée de folie dans presque toutes les Universités d'Europe; et en effet, du moment que l'on regardait la terre comme fixée au centre du Monde et les étoiles comme attachées à une voûte de cristal, il s'ensuivait nécessairement que le Monde est limité dans l'espace; et cela n'avait rien en soi de contraire à la raison, rien que Bruno lui-même n'eût admis volontiers, si justement il n'avait été un pythagoricien et un copernicien zélé. Mais, pour ne pas emprunter à des théories et à des croyances surannées l'exemple qui doit rendre nos observations plus sensibles, nous demandons qu'on nous permette une supposition, à savoir celle que la Nature nous ait dérobé la connaissance des étoiles fixes, soit en reculant à de plus grandes distances encore des objets déjà placés à de si prodigieuses distances de nous, soit en modifiant l'énergie du principe lumineux ou les conditions de notre sensibilité optique. Il y aurait alors un chapitre à rayer de tous nos traités d'astronomie,

celui qui traite de l'*astronomie stellaire*, sujet si beau, si riche et encore si neuf : mais tous les autres chapitres qui traitent de la structure et des mouvements de notre système solaire, n'en subsisteraient pas moins. A la vérité, si les observateurs n'avaient pas eu sur la voûte céleste ces points de repère que nous nommons les étoiles fixes, il leur aurait été fort difficile d'instituer des méthodes d'observation propres à les conduire à la connaissance des lois qui régissent notre système solaire ou planétaire : ces difficultés pourtant ne seraient pas absolument et logiquement insurmontables, comme il faudrait qu'elles le fussent, pour que notre hypothèse ne pût être admise, même à titre de conception logique. Il faudrait plus de patience, plus de sagacité pour remonter des mouvements apparents et relatifs aux mouvements réels et absolus, mais enfin une intelligence supérieure viendrait à bout de ce problème. L'observation qu'on pourrait encore faire, des lois qui régissent les mondes particuliers de Jupiter et de Saturne, suggérerait l'idée de les étendre et de les appliquer sur une plus grande échelle au système du Soleil et des planètes. Une fois en possession de la connaissance de la constitution du système solaire, on serait bien fondé à croire que l'on connaît le monde tout entier : car, de grands perfectionnements apportés aux instruments optiques ne feraient rien apercevoir par delà. La découverte d'une planète à grand'peine visible à l'œil nu, comme Uranus, celle d'une planète tout à fait invisible à l'œil nu, comme Neptune, suggéreraient bien la pensée que les limites du monde astronomique peuvent être successivement reculées : mais, comme d'autre part on verrait que

l'intervalle d'une orbite à l'autre augmente rapidement à mesure qu'il s'agit de planètes plus éloignées de l'astre central, on comprendrait qu'il doit y avoir une limite à cette sorte de raréfaction des orbites, comme il y en a une à la raréfaction des atmosphères. Le monde matériel serait donc conçu comme limité à la manière de nos atmosphères planétaires ou de la lumière zodiacale, sans qu'on en pût fixer précisément la limite. Il porterait tous les caractères d'unité systématique qui satisfont la raison. Au-delà seraient les solitudes de l'espace, c'est-à-dire rien; et vainement demanderait-on pourquoi le système du monde se trouve en tel lieu de l'espace plutôt qu'en tel autre : comme le centre de l'espace indéfini est partout, ce serait le cas de répondre avec Leibnitz que le lieu du monde limité serait toujours le même, où qu'on le supposât placé. Donc la conception d'un monde limité pourrait être naturelle, logique, et n'offrirait ni mystères, ni contradictions à la raison. Tout au plus suggérerait-elle quelques arguties scolastiques que les savants et les vrais philosophes dédaigneraient.

190. — Rendons maintenant à l'homme le magnifique spectacle du ciel étoilé, et armons-le des puissants instruments qui, maniés par des Herschel et des Struve, ont amené de si admirables découvertes dans le champ des espaces sans fin. Tout prend alors une autre face : notre système solaire n'est qu'un atome; les soleils et les mondes se groupent comme des îles et des archipels dans un océan sans rivages. Des découvertes successives, dans une série que rien ne paraît arrêter, conduisent presque irrésistiblement à l'affirmation que la série ne s'arrête jamais, et que le

Monde est infini comme l'espace. Mais, en quoi cette conclusion choque-t-elle la raison? Notre imagination ne peut pas plus se représenter un Monde infini qu'un espace infini; cela est incontestable : mais qu'ont de commun les fantômes de l'imagination et les conceptions de la raison? La raison qui n'éprouve aucun obstacle à concevoir un espace infini, lieu de corps possibles et théâtre de phénomènes physiques possibles, n'éprouve pas plus d'obstacles à admettre la réalisation de toutes ces possibilités, partout où le témoignage de l'observation, la force des inductions l'obligent à l'admettre. Or, les progrès de l'astronomie stellaire donnent la plus grande force à l'induction qui nous fait croire à l'infinité du Monde dans l'espace. Le point des espaces stellaires où notre système solaire est placé, n'offre rien qui le singularise; le groupe stellaire auquel il appartient n'a rien de particulier : *Unus è multis*. Rien n'annonce une ordonnance systématique autour d'un centre donné, comme dans le cas de notre système planétaire. La raison conçoit qu'il en doit être ainsi, si effectivement le Monde n'a pas de limites dans l'espace, si toutes les combinaisons se sont librement formées dans ce champ sans limites, et si la race intelligente à laquelle nous appartenons se trouve accidentellement placée en tel point de l'espace plutôt qu'en tel autre, pour observer les apparences qui tiennent à sa position et les démêler de son mieux.

En résumé donc, la fameuse question de l'infinité du Monde dans l'espace comporte une solution raisonnable; et malgré notre goût pour une symétrie favorable surtout à l'effet oratoire, la solution est in-

verse, selon qu'il s'agit de l'infiniment grand ou de l'infiniment petit. On ne peut guère trouver d'exemple plus net d'une question de philosophie résolue par suite du progrès des sciences : car, il est évident qu'avant la découverte du télescope et du microscope, et avant les progrès scientifiques amenés par cette double découverte, on pouvait dire sur la question tout ce qu'on voulait; tandis qu'il n'y a plus aujourd'hui qu'une seule manière raisonnable d'interpréter, selon les lois de l'induction, les faits acquis à la science.

191. — Tout autres sont les conditions de l'intelligence humaine, en ce qui concerne l'infinité du Monde dans le temps, et ce nouveau contraste entre l'idée d'espace et celle de temps vient s'ajouter à ceux que nous avons déjà signalés (24 *et* 53). Tout ce qui se réfère à l'ordre du temps est essentiellement du domaine de la raison pure. Nous n'avons besoin d'inventer et d'employer aucun appareil, aucun instrument d'observation, pour comprendre qu'il n'y a pas de mouvement, pas de phénomène physique qui n'ait autant de phases correspondant à autant d'éléments du temps, si petits qu'on les suppose. Voilà pour l'infini en petitesse. Et d'un autre côté, s'il est permis à la raison, en l'absence d'observations contraires, de concevoir un Monde limité dans l'espace, elle ne peut de même le concevoir comme limité dans le temps, sans se heurter contre une autre règle de l'esprit humain, celle qui lui fait regarder les lois de la physique comme immuables, la substance des corps comme indestructible, et leurs propriétés fondamentales comme tenant à des caractères indélébiles : car,

il ne s'agit pas encore des lois qui président à l'apparition et au développement des espèces vivantes, ni de savoir si les manifestations de la vie sont ou non renfermées dans une portion limitée de la durée. En conséquence, sauf cette réserve, tout commencement et toute terminaison des phénomènes cosmiques doivent être considérés comme placés en dehors des faits naturels. Reste à savoir comment nous concevons que tel ou tel ordre a pu s'introduire dans une série de phénomènes cosmiques sans commencement et sans fin, ce qui donne lieu à ce qu'on appelle la question d'origine dans les sciences cosmologiques : nous allons aborder ce sujet dans le chapitre suivant qui terminera ce deuxième livre.

CHAPITRE XII.

DES QUESTIONS D'ORIGINE DANS LES SCIENCES COSMOLOGIQUES. — DES IDÉES D'ORDRE, D'HARMONIE, DE FINALITÉ, DE BEAUTÉ, DANS LEUR APPLICATION AUX PHÉNOMÈNES COSMIQUES.

192. — De ce que les sciences physiques n'ont pour objet essentiel que des propriétés et des lois conçues comme permanentes et indélébiles, il s'ensuit qu'elles ne se heurtent contre aucune difficulté d'origine. A la vérité, il y a dans l'École un argument célèbre pour prouver que la matière et ses propriétés, n'ayant rien de nécessaire, impliquent l'existence d'un être nécessaire de qui elles émanent ou par qui elles subsistent : mais il n'entre pas dans notre cadre de reprendre des thèses de métaphysique ou d'ontologie qui ne touchent pas à la philosophie des sciences, que les progrès des sciences ne forcent pas d'aborder, et qui d'ailleurs, accessibles seulement à quelques esprits spéculatifs, n'ont jamais exercé d'influence sur la formation et le cours des opinions et des croyances qui ont régné parmi les hommes. D'où les hommes ont-ils tiré les idées qu'ils se forment d'une Intelligence supérieure au Monde, y réglant et ordonnant tout avec une sagesse et une bonté infinies? Evidemment du spectacle de l'ordre du Monde, surtout des merveilles de l'organisation des êtres vivants, et plus particulièrement enfin de tout ce que nous connaissons, en notre qua-

lité d'êtres moraux, des lois de l'ordre moral. Supprimez tout cela, et figurez-vous un savant qui entend la géométrie et l'algèbre, la mécanique et la physique, la chimie et la minéralogie, mais qui ne connaît du monde que son laboratoire, qui n'a jamais contemplé le ciel ni feuilleté un livre d'astronomie, qui s'occupe encore moins d'observer et d'étudier les ressorts de la vie, et qui a le malheur de ne s'être ménagé aucun instant pour réfléchir sur sa nature morale : pensez-vous qu'un tel homme, s'il existe, sera bien frappé des arguments scolastiques qu'on voudrait tirer de la contingence de la matière et du mouvement? Ne verra-t-il pas d'abord dans les mathématiques, des rapports et des lois dont il comprend et démontre la nécessité, puis, dans la mécanique rationnelle, des principes généraux que quelques-uns regardent comme de simples données de l'expérience, que d'autres rangent parmi les vérités nécessaires, et qui ont en effet, comme nous croyons l'avoir établi au chapitre IV du présent livre, un caractère mixte, n'étant, ni des axiomes de pure mathématique, ni des vérités effectivement établies par des séries d'expériences comme celles que les physiciens instituent? Poursuivant cette revue, l'esprit dont nous parlons apercevrait dans la théorie de la gravitation universelle des lois dont la forme mathématique laisse entrevoir, sinon saisir complètement la raison mathématique et par conséquent la nécessité : d'où il serait fort naturellement porté à induire qu'il ne faudrait que restituer certaines données qui nous manquent, ou pousser plus loin nos études, pour trouver la raison et démontrer la nécessité des lois les plus particulières, et en appa-

rence les plus contingentes de la physique; de celles qui, dans l'état actuel de nos connaissances, ne se présentent à nous que comme des données de l'expérience. En tout cas, et à supposer même qu'il conçût la nécessité de recourir à un autre principe des lois observées, il n'aurait aucune raison d'admettre que l'action de ce principe a dû avoir un commencement dans l'ordre des temps. Donc, les sciences physiques, soigneusement distinguées des sciences cosmologiques comme elles doivent l'être, peuvent bien offrir des difficultés tenant à l'essence et au principe des choses et des lois dont elles s'occupent, mais n'en offrent point qui tiennent à des questions de genèse ou d'origine. La tâche de la critique philosophique est de faire bon inventaire et catalogue méthodique des cases vides comme des cases pleines, des *desiderata* de la science comme de ses richesses, et de marquer le point précis où chaque lacune commence, comme le juste point d'insertion de chaque branche de l'arbre de la science.

193. — Arrivons donc au groupe des sciences cosmologiques qui forcent en effet la raison humaine à sonder les mystères dont elle n'a pas nécessairement à s'occuper dans l'ordre des sciences physiques, pas plus que dans l'ordre des sciences mathématiques. En effet, la conception d'une série de phénomènes cosmiques sans commencement et sans fin, la seule rationnellement et philosophiquement discutable (191), se présente, dans l'état de la science, sous deux formes qui méritent d'être chacune examinées.

D'abord la série peut se prolonger indéfiniment, sans manifester aucune tendance à prendre une allure

régulière et définitive. Supposons une comète qui décrive une suite d'arcs hyperboliques et qui poursuive indéfiniment sa marche à travers les espaces célestes, subissant l'attraction, tantôt d'un soleil, tantôt d'un autre, passant (ainsi que nous pouvons le conjecturer) par des alternatives de températures extrêmes qui amènent les plus grands changements dans la constitution des matières pondérables dont elle est formée, mais sans que les retours des mêmes alternatives soient soumis à aucune période régulière : l'observateur pour qui le Monde se réduirait à cette comète aurait l'idée d'une série de phénomènes cosmiques, de la catégorie de ceux que nous considérons en ce moment. Ce n'est pas sur un monde ainsi gouverné que nos philosophes raisonnent; cependant, même dans le monde qui nous est familier, il y a des exemples de pareilles séries. La météorologie surtout nous en offre beaucoup. Des années chaudes ou sèches succèdent à des années froides ou humides; l'atmosphère est pendant longtemps calme ou agitée; certains vents sont successivement prédominants; les glaces polaires avancent ou reculent; les courants magnétiques du globe se déplacent; les aurores boréales, les tremblements de terre, les éruptions de volcans paraissent à des intervalles rapprochés ou éloignés; dans les espaces célestes les apparitions de bolides, de comètes, d'étoiles nouvelles, ont aussi plus ou moins de fréquence, sans que nous soyons jusqu'à présent parvenus à saisir aucune loi, à apercevoir aucune trace de régularité dans la succession de ces divers phénomènes. S'il n'y en avait que de pareils, il serait tout simple d'admettre que la série, actuellement irrégulière, a

toujours offert et offrira toujours ce caractère d'irrégularité. Et comme les lois de la physique n'en auraient pas moins pour nous le triple caractère de simplicité, de constance, de régularité, il en faudrait conclure que les faits ou les données de la cosmologie tranchent par tous ces côtés avec les lois de la physique; qu'ils sont l'élément contingent ou fortuit de la constitution du Monde, sur lequel élément la théorie, la science proprement dite n'ont aucune prise.

194. — Mais, au lieu de cela, l'observation nous atteste que les phénomènes cosmiques les plus apparents, les plus imposants, les plus généraux, ont un caractère de constance ou de régularité périodique que les anciens expliquaient par une prétendue nécessité de nature, incompatible avec la notion que nous avons maintenant des attributs de la matière et du mode d'action des forces motrices (80). La science nous enseigne que l'ordre actuel n'a pas toujours subsisté, et que des phénomènes aujourd'hui réguliers, permanents ou périodiques, ont dû être amenés graduellement à cet état de régularité, de permanence ou de périodicité. On ne peut se rendre compte des faits observés, d'après les lois de la mécanique et de la physique, qu'en distinguant 1° un période *chaotique*, d'une durée indéfinie *a parte ante*, pendant lequel les phénomènes se seraient succédé sans loi régulière, jusqu'à l'apparition d'une combinaison qui se prêtât à un commencement de formation d'un ordre régulier, par le jeu des forces internes et les réactions mutuelles entre les divers éléments de système; 2° un période qu'on peut appeler *génétique*, pendant lequel le système s'est graduellement rapproché des condi-

tions finales de stabilité, de permanence ou de régularité auxquelles il devait finalement aboutir; 3° et un période *final*, d'une durée indéfinie *a parte post*, à moins que des causes étrangères au système et dont nous n'avons aucun moyen de pressentir l'existence, n'en viennent détruire l'ordre et l'économie. Le commencement du période de stabilité n'est pas le même pour tout. La surface du globe terrestre offrait encore l'image du chaos que déjà, depuis bien des milliers de siècles, notre système planétaire était constitué dans les conditions de stabilité qui le régissent actuellement; et il y a apparence que dans l'immensité des espaces stellaires se trouvent encore à présent des soleils et des systèmes solaires à l'état d'ébauche.

Voilà le schème ou la règle formelle à laquelle doit ou devra nécessairement se conformer toute explication des phénomènes du monde physique, par les seuls principes des mathématiques ou de la physique, au cas qu'elle soit possible ou qu'elle le devienne, par suite du progrès de nos connaissances. C'est en conformité de cette règle qu'ont eu ou qu'auront lieu des explications partielles, si, comme il est raisonnable de le penser, une explication complète nous échappe toujours. A vrai dire, nos sciences sont loin d'être assez avancées pour que, sur aucun point de cosmologie, nous puissions avoir une explication scientifique complète, par les seuls principes des mathématiques et de la physique, et qui évidemment rende superflue l'idée de recourir à un autre principe de coordination. Il a suffi, par exemple, que les valeurs assignées aux éléments des orbites des planètes se trouvassent, à une époque quelconque, com-

prises entre de certaines limites, pour que le jeu des réactions du système en assurât dès lors la stabilité : mais il faudrait de plus établir que l'épuisement des combinaisons fortuites et instables, pendant un temps indéfini, a dû vraisemblablement amener une des combinaisons que les réactions du système peuvent ensuite rendre stable, telle que celle que nous observons. Recourra-t-on, comme Laplace, à l'hypothèse d'une distribution primitive de la matière planétaire en anneaux dont les débris auraient formé les planètes actuelles? Il faudra alors prouver que le passage de la diffusion sporadique à la distribution annulaire est une conséquence nécessaire des réactions des particules matérielles, ou l'un des modes réguliers de distribution qui ont dû vraisemblablement se réaliser, par le passage continuel d'un mode de distribution à un autre, pendant un temps que rien ne limite. Il s'en faut bien que la science soit en état d'aborder et à plus forte raison de résoudre tous ces problèmes, quoiqu'ils n'exigent que l'application des principes de la syntaxique, de la géométrie et de la physique.

195. — Donc nous ne sommes pas encore autorisés, par l'invention d'une genèse purement mathématique et physique, à bannir Dieu de l'explication du monde physique, *comme une hypothèse inutile*, selon l'insolente parole que l'on prête à un grand géomètre. Du reste on remarquera bien, sans que nous le disions, qu'il ne s'agit pas encore du monde où la vie circule, où l'organisation déploie ses merveilles, que peuplent des créatures intelligentes, mais seulement de la charpente ou de l'ossature du monde, ou, si l'on veut, d'un monde désert, aride et silen-

cieux, tel que nous nous représentons, d'après l'ensemble des observations, le globe qui sert de satellite à notre planète, dépourvu de mers, d'atmosphère, de tout ce qui est ou nous paraît être la condition essentielle du développement des organismes vivants. En admettant qu'il suffise du jeu des forces aveugles de la mécanique pour l'explication d'un tel monde, il resterait encore assez de merveilles à l'appui de la thèse qui invoque un principe de coordination intelligente, et les arguments tirés de l'ordre moral conserveraient toute leur force.

Mais, tant que l'explication dont il s'agit ne sera pas trouvée, à côté de la présomption d'une explication scientifique possible, qui ferait sortir l'ordre de la confusion, l'harmonie du concours fortuit, l'unité systématique de la dissémination sporadique des éléments, par la vertu des réactions mutuelles de ces éléments, et par l'épuisement préalable de toutes les combinaisons transitoires dans l'infinité de l'espace et de la durée antécédente; à côté, dis-je, de la présomption d'une telle explication scientifique, se maintiendra toujours la croyance à un principe supérieur d'ordre, d'harmonie, d'unité dont les phénomènes et les lois que nous pouvons scientifiquement étudier, ne sont que des émanations ou des manifestations, et qui lui-même échappe à toute perception sensible, à toute investigation scientifique. Cette croyance se maintiendra, soit qu'elle se rattache à des dogmes et à un symbole religieux, soit qu'elle s'en détache, et ne tienne qu'à un jugement de la raison appliquée à la contemplation des merveilles de la Nature elle-même.

196. — En effet, pour qui ne croit pas à la possibilité d'expliquer mécaniquement, sinon le mécanisme du monde, du moins l'origine et les conditions initiales de ce mécanisme, il faut bien recourir à d'autres termes de comparaison, à d'autres principes, à d'autres clefs ou chefs d'explications. La Nature extérieure et la constitution de notre intelligence ne nous en offrent que deux, entre lesquels il faut choisir.

Ou bien nous assimilons le principe qui a amené dans l'origine la coordination des phénomènes du monde physique à celui qui opère (par une vertu instinctive absolument incompréhensible pour nous, mais que les faits nous forcent d'admettre) la merveilleuse coordination des organismes pour l'accomplissement des phénomènes de la vie; ce que le poète exprime par ces mots : *Spiritus intus alit....., Mens agitat molem*. C'est l'idée du Μέγα Ζῶον, de l'âme du Monde; c'est la croyance panthéistique; car d'ailleurs il est clair que cette conception philosophique et transcendante n'a rien qui présente les caractères d'une explication scientifique, rien que l'observation confirme ou qu'elle rende probable : puisqu'au contraire les progrès de l'observation scientifique ont toujours pour résultat de maintenir une séparation tranchée entre l'ordre des phénomènes purement physiques et l'ordre des phénomènes de la vie.

Ou bien, rejetant l'idée de l'animisme du Monde et les comparaisons empruntées au règne organique de la Nature, nous passons à l'homme, et prenant nos termes de comparaison dans sa nature intellectuelle et morale, nous nous élevons à l'idée d'un artisan

personnel et divin, nous concevons une puissance providentielle dont les attributs et les œuvres surpassent infiniment la puissance, la prévoyance et les œuvres de l'homme. C'est encore là une croyance qui n'a ni ne peut avoir (pas plus que la précédente, mais pas moins qu'elle) les caractères d'une explication scientifique, et qui toutefois, en tant que conception philosophique et transcendante, ne cesserait pas (même aux époques d'affaissement des croyances religieuses) de tenir en éveil la pensée humaine, et d'y provoquer quelques élans d'enthousiasme.

Préférer la seconde explication à la première, conduit à expliquer les phénomènes mêmes de la vie au moyen des dispositions prises par un ouvrier intelligent : philosophiquement, cela revient à subordonner le principe de la vie, principe que nous comprenons si peu, au principe de l'intelligence dont nous avons, en notre qualité d'êtres intelligents, une perception plus immédiate et plus claire.

Opter pour la première explication de préférence à la seconde, revient à subordonner le principe de l'intelligence au principe de la vie, à ne voir dans les phénomènes intellectuels, qu'une manifestation toute particulière et spéciale d'une énergie qui se manifeste sous tant d'autres formes dans les organismes vivants.

Toutes ces considérations, on le sent bien, devront être reprises, lorsque la suite de notre synthèse nous amènera à traiter spécialement de la vie et de l'intelligence, et des conceptions tant philosophiques que religieuses, que notre connaissance (telle quelle) des phénomènes vitaux et intellectuels fait naître dans l'esprit de l'homme.

197. — Le Monde, pris dans son ensemble, a toujours paru aux hommes offrir à un degré éminent les caractères de la beauté [1]. Nous n'admirons pas seulement dans le Monde la parure que donnent à notre terre les végétaux qui la recouvrent, les formes si variées de leur organisme, leurs couleurs si douces ou si éclatantes; nous ne sommes pas uniquement frappés ou attirés par les formes plus variées encore, tantôt nobles, tantôt gracieuses, que nous présentent les innombrables tribus d'êtres animés : le spectacle de la voûte étoilée, des nuages que le soleil dore ou que l'éclair sillonne, de la mer calme ou grondante, des pics dénudés et des dômes de glace, des cascades et des torrents, inspire le poète, ravit toute âme sensible, et témoigne d'une beauté attachée aux grands traits du monde physique, beauté qui, pour n'être pas sentie, n'en subsisterait pas moins, quand même, à la surface de notre planète, la source de la vie, qui est celle de notre sensibilité, viendrait à tarir. Il faut pourtant nous rendre compte de ces impressions en philosophes et non en poètes, pour démêler ce qui est le caractère inhérent à l'objet qui nous frappe, et ce qui tient au mode de notre sensibilité. Bornons-nous aux impressions reçues par les sens de la vue et de l'ouïe, puisqu'aussi bien ce sont quasi les seules qui puissent nous donner l'idée du beau dans le monde physique et même dans la Nature vivante.

198. — Il y a, dans les objets extérieurs, des formes, des contours, des perspectives qui ne dépendent point de la spécialité des impressions pro-

[1] *Essai*....., chap. XII, nº 175.

duites sur notre œil par les rayons lumineux. Si je contemple dans une gravure un site alpestre ou une vue de marine, je n'ai pas besoin pour y trouver des beautés, de restituer par l'imagination, l'azur du ciel, le ton des eaux, la teinte des granits et des glaciers. Le tableau plairait davantage sans doute, mais il est beau encore sans cette parure; et l'art, dans la variété de ses procédés, aura précisément opéré l'analyse que la philosophie réclame; il aura distingué la beauté qui est dans les objets mêmes de celle que notre mode de sensibilité y ajoute. Au lieu d'un dessin ou d'une gravure, supposons deux tableaux du même site, à la même heure du jour, faits par des peintres qui ont chacun une *couleur* ou une gamme chromatique différente, dont aucune n'est précisément celle de la Nature; chacun de ces tableaux a son genre de beauté; les beautés qui leur sont communes sont celles qui ne dépendent point de la couleur ou de la gamme chromatique; et la même analyse se trouve opérée par un artifice différent.

Allons maintenant plus loin. Les couleurs n'existent pas dans la Nature, en ce sens qu'il n'y a point dans la Nature, en l'absence d'une rétine sensible, des sensations de blanc ou de vert : mais pourtant l'harmonie, le contraste des sensations tiennent à des harmonies et à des contrastes que présentent les rayons lumineux pris en eux-mêmes, dans leur constitution physique et antécédemment à tout phénomène physiologique, si bien que les physiciens ont considéré avec raison comme un chapitre de l'optique, et revendiqué pour leur propre domaine, ce qui a trait aux harmonies et aux contrastes des couleurs.

Ainsi, parmi les beautés du monde physique, la parure même des couleurs est une beauté dont le fonds lui appartient et que nous ne lui prêtons pas, quoique nous ayons une manière de la sentir qui nous est propre, et que nous ne puissions la sentir telle qu'elle est, mais seulement la concevoir par un effort de la raison. Donc l'art divin consiste d'abord à avoir orné le monde physique de beautés qui lui appartiennent tout entières, ensuite à l'avoir disposé de manière à susciter par surcroît le sentiment d'autres beautés, naissant des rapports qui s'établissent entre les harmonies du monde physique et la constitution de notre propre sensibilité.

On dirait la même chose pour les impressions qui nous viennent du sens de l'ouïe. Le mugissement des flots, le grondement de la cataracte, les éclats du tonnerre ont leur beauté imposante; et cette beauté est bien une beauté cosmique, quoique la sensation du son n'existe que dans notre oreille, parce qu'il y a analogie et harmonie spontanément saisissable, entre le genre de l'impression sonore et l'agitation extérieure qui en est la cause.

199. — La poésie qui s'inspire de la contemplation du monde physique n'est pas une poésie toute sensuelle : c'est surtout une poésie morale dont nous ne sentons les charmes qu'en notre qualité d'êtres moraux. Il faut donc admirer l'art qui assortit par avance les beautés inhérentes au monde physique, non-seulement aux harmonies que manifestera plus tard l'organisation des êtres sensibles, mais encore à celles que manifestera ultérieurement le développement privilégié de quelques-uns d'entre eux comme êtres mo-

raux. Ce sujet est inépuisable et il nous appartient à peine de l'effleurer. Représentez-vous ce globe immense, d'une immobilité relative, autour duquel d'autres globes circulent régulièrement, maîtrisés qu'ils sont par sa force dominante, et recevant de lui en retour par une irradiation continuelle, les influences qui y développent la continuelle activité des éléments : n'y a-t-il pas là pour toutes les intelligences le type cosmique des idées de majesté et de royauté bienfaisante, qui appartiennent pourtant à l'ordre moral et ne peuvent être saisies que par des êtres moraux ? Et la raison n'est-elle pas poussée à induire de toutes ces harmonies que la même pensée a décrété à la fois, pour se développer dans la suite des temps, le plan du monde physique et les lois du monde moral ?

200. — Toutefois il faut reconnaître que, si la contemplation des objets privés de vie suffit pour donner les idées de l'ordre, de l'harmonie, du beau, elle ne suffirait pas pour susciter l'idée du *bien*, si nous n'avions en vue, en notre qualité d'êtres vivants et moraux, l'appropriation de la structure du monde physique à la manifestation et à l'entretien de la vie, aux conditions d'existence des seuls êtres intelligents et moraux que nous connaissions. Lorsque, selon le récit de l'écrivain sacré, Dieu juge déjà son œuvre bonne, avant l'apparition d'aucune créature vivante, c'est apparemment que l'apparition de telles créatures est déjà la raison finale de ses premières œuvres. Les propriétés des rayons lumineux donnent lieu à une variété infinie de beaux phénomènes, dont quelques-uns n'étaient jamais venus se peindre sur une rétine vivante, avant les recherches expérimentales des phy-

siciens modernes, et qui ne cesseraient pas d'être beaux en eux-mêmes, alors qu'il n'y aurait pas d'œil ouvert pour les percevoir, selon son mode particulier de sensibilité, alors que nous ne les lirions que par les yeux de l'esprit, dans des formules algébriques : la lumière est donc une belle chose, mais en quoi serait-elle bonne, si l'œil qui la reçoit ne guidait et ne conduisait à sa fin un être sensible, si elle ne donnait à l'être moral l'idée d'une autre lumière qui illumine les consciences et révèle des destinées plus hautes? La beauté est toujours la beauté, même dans un désert où personne ne la voit; une personne morale ne dépouille pas non plus son caractère intrinsèque de bonté, parce qu'elle manque d'occasions de faire le bien; mais qu'est-ce que la bonté d'un objet physique qui n'a de rapports qu'avec d'autres objets purement physiques? En quoi la terre est-elle bonne à cette scorie volcanique qu'on appelle la lune, et en quoi la lune serait-elle bonne à la terre, si celle-ci ne nourrissait pas d'êtres vivants? Nos sciences physiques, il est vrai, nous donnent (ce que déjà, à la rigueur, les sciences purement abstraites pourraient nous donner) l'idée d'une utilité scientifique. Comme elles avancent surtout à l'aide de l'observation, il est utile que nous puissions disposer dans cette vue de tels ou de tels moyens d'observation. Il est utile que la planète Vénus passe quelquefois sur le disque du soleil, pour nous fournir un moyen de déterminer avec plus de précision la parallaxe de cet astre; utile que la lune vienne occulter des étoiles pour nous aider à calculer les longitudes terrestres. Une matière solide et transparente comme le verre, un métal pesant

et liquide aux températures ordinaires comme le mercure, sont infiniment utiles aux progrès de la physique : mais l'idée de l'utilité n'est pas l'idée du bien, dont il faut chercher la source ailleurs.

Ainsi, quant aux grandes et fondamentales idées du vrai, du beau, du bien, de l'utile, nous nous trouvons, à la fin de ce deuxième livre, exactement au même point où nous nous trouvions en terminant le premier (80). A cet égard, ce que nous savons des propriétés de la matière et du mode d'action des forces, le système de nos sciences physiques et cosmologiques construit en conséquence, n'ajoutent rien à ce que nous pouvions déjà tirer du système de théories pures qui ont la logique et les mathématiques pour objet. Les idées de *cause*, de *substance* et d'*origine*, acquises dans le passage de l'un des systèmes à l'autre, voilà ce qui distingue essentiellement ces deux grandes assises de l'édifice de nos connaissances.

LIVRE III.

LA VIE ET L'ORGANISME.

CHAPITRE PREMIER.

DE LA VIE ET DE L'ORGANISME EN GÉNÉRAL.

201. — Lorsque l'on embrasse dans leur ensemble la prodigieuse variété des fonctions et des formes propres aux êtres vivants et organisés, on saisit de telles analogies entre les choses d'ailleurs les plus disparates, qu'on est inévitablement amené à admettre un principe d'action et une loi suprême d'où relèvent à la fois tant de manifestations diverses. De là l'idée de la VIE et de l'ORGANISME en général.

Et d'abord nous n'observons nulle part de vie sans organisme, ni de fonctions vitales sans un appareil matériel à l'aide duquel ces fonctions s'accomplissent. L'observation, l'induction ne nous autorisent pas davantage à affirmer la formation d'un être organisé ou d'un appareil organique sans l'influence de la vie. Les idées de vie et d'organisme, de fonctions et d'organes, du moins dans le monde sensible où nous vivons actuellement nous-mêmes, s'impliquent donc mutuellement ou paraissent s'impliquer. Elles s'accompagnent et se servent de soutien réciproque dans l'ordre des temps. Dans laquelle des deux faut-il voir la raison de l'autre? Ici l'on tombe sur une ambiguïté fort analogue à celle que nous ont présentée

les idées de force et de matière, et tenant apparemment à la même cause, inhérente au mode même de nos perceptions. Cependant, quoiqu'il y ait grande analogie, il n'y a pas identité. Tel repousserait le *dynamisme* (166), et répugnerait à ne voir dans la matière que le φάντασμα produit par le jeu des forces, qui inclinerait au *vitalisme*, c'est-à-dire se sentirait plus porté à expliquer les faits de l'organisation par l'action d'un principe vital, que les fonctions vitales par la structure de l'organisme. En effet, bien que la difficulté métaphysique soit au fond la même, la solution de *bon sens*, tirée des habitudes de l'esprit, de ses facultés imaginatives, et de la nature des faits accessibles à l'observation, peut être inverse, selon qu'il s'agit des corps bruts ou des corps vivants. Pour subordonner rationnellement l'idée de matière à celle de force, il faut, par delà ce que nous voyons, touchons, observons et imaginons, saisir ce que nous ne pouvons ni voir, ni toucher, ni observer, ni même imaginer. C'est précisément le contraire lorsqu'il s'agit de subordonner l'idée de la vie à celle de l'organisation. Il faut supposer, au-delà de ce que nous pouvons observer, quelque chose qui échappe absolument à nos observations. Car, tandis que nous voyons clairement, dans tous les cas observables, que la vie se propage d'un être vivant à un autre, et que les organes, non-seulement se nourrissent, croissent, mais en quelque sorte se pétrissent sous l'influence de la vie qui les anime, nous n'avons aucun moyen d'atteindre par nos observations ce fait prétendu primitif, d'une formation organique opérée sans le concours d'aucun principe de vie, et d'où la vie jaillirait, uniquement par suite de la

disposition des pièces organiques. D'ailleurs il ne s'agit pas encore ici de discuter des questions d'origine, ni d'examiner si la Nature a pu ou peut encore exceptionnellement procéder en dehors de ses règles habituelles : il s'agit en ce moment de reconnaître que, dans le cours régulier et habituel des choses, sous nos yeux mêmes, tout organisme est produit par le jeu des fonctions d'un être vivant, lequel en produisant communique au produit la vie dont lui-même est imprégné ; et cela suffit pour que notre esprit doive incliner naturellement à regarder l'organisation comme le produit de la vie, plutôt que la vie comme le résultat de la structure d'un système matériel, convenablement sollicité par des forces purement physiques.

202. — A mesure que l'être vivant vieillit, et que l'énergie du principe vital paraît diminuer, son organisme éprouve des modifications apparentes : mais en général ces modifications de l'organisme ne nous paraissent pas suffire pour rendre compte des changements survenus dans les fonctions vitales ; et l'enchaînement des faits nous porte à les considérer comme la conséquence plutôt que comme la cause de l'altération des fonctions.

Souvent les phénomènes de la maladie et de la mort sont ce qui nous aide à comprendre un peu la vie. Or, il n'y a nul besoin d'être physiologiste ou médecin pour démêler que dans certains cas les maladies et la mort viennent de troubles apportés dans la structure des organes par des causes physiques et extérieures, et d'obstacles matériels apportés à l'accomplissement des fonctions, auquel cas la vie cesse par suite du dérangement de l'organisme, et la mort est dite

accidentelle ou violente : l'être vivant a été tué. Mais, plus ordinairement, on reconnaît que la maladie et la mort ont pour cause principale l'affaiblissement progressif du principe de vie qui ne peut plus réagir avec la même vigueur contre les causes extérieures, remettre l'ordre dans l'organisme troublé, réparer les altérations survenues. On exprime cette idée en disant que dans ce cas la mort est arrivée naturellement, quoiqu'on ne méconnaisse point l'influence qu'ont eue des causes accidentelles, physiques et extérieures, pour en avancer l'époque.

203. — Tous les physiologistes distinguent l'état du germe simplement organisé, d'avec l'état du germe vivifié par la fécondation. A la vérité, nous voyons que le germe organique, même fécondé, peut, tout en conservant sa structure, garder l'apparence d'un corps inerte, quelquefois pendant des siècles, jusqu'à ce que, sans influence vitale extérieure, et uniquement par l'excitation d'agents physiques, tels que la chaleur, l'électricité, la lumière, l'humidité, il se développe et manifeste la vie dont il est doué. Mais nous voyons aussi que, dans les êtres vivants les plus développés, les fonctions vitales peuvent être suspendues, tantôt partiellement, tantôt totalement; et nous nous croyons fondés à expliquer ces intermittences par un engourdissement, par un sommeil de la vie, plutôt que par une suite bien étrange de morts et de résurrections alternatives. Cela même nous porte à conclure que la vie a sommeillé dans le germe, au besoin pendant une longue suite de siècles, sans que le germe ait jamais cessé d'être vivant. Nous distinguons en conséquence entre les altérations organiques

qui ne sont que des maladies du germe et celles qui le tuent, entre les influences extérieures qui ne font que suspendre ou engourdir les fonctions vitales et celles qui en abolissent le principe.

204. — Hâtons-nous d'arriver à l'argument le plus décisif. L'élément organique le plus simple, un globule, une cellule, témoignent déjà d'un plan de structure et d'une coordination de parties dont on ne pourrait rendre raison par un concours de forces physiques agissant de molécule à molécule, à la manière de celles que nous admettons pour l'explication des formes des corps inorganiques (176). A supposer même que la formation des éléments dont nous parlons pût être rapportée à un mode de groupement atomique ou de cristallisation *sui generis*, on serait arrêté à chaque pas dans le passage à des formations plus complexes, à ces évolutions dont l'embryogénie nous offre le merveilleux tableau. Rien, dans ce que nous connaissons des forces inorganiques et des propriétés constamment inhérentes à la matière, ne peut nous expliquer une telle évolution, une telle coordination aussi bien dans le temps que dans l'espace[1]. Pour s'en rendre compte (quoique bien imparfaitement sans doute), il faut concevoir une vertu plastique, une énergie vitale qui préside à la formation même de l'organisme : tout en reconnaissant que les dispositions de l'organisme ne cessent pas de régler et de modifier les manifestations ultérieures de la puissance vitale et plastique.

205. — De là (autant que nous pouvons le conjec-

[1] *Essai*....., chap. IX, n°s 129 *et* 131.

turer), la raison de ce que l'on appelle la *loi des âges*, loi fondamentale à laquelle nous aurons perpétuellement à faire allusion par la suite, et qui consiste dans la succession régulière des phases de développement, de maturité, de vieillesse et de mort. En effet, le propre de l'énergie plastique et vitale est certainement de s'affaiblir, de s'épuiser par son action même (86). Le membre amputé de l'écrevisse se régénère, mais débile et rapetissé. Les segments du lombric terrestre se complètent en reproduisant chacun un animal entier, mais dont l'organisation va en se simplifiant et en s'abaissant par des sections successives. Il n'est pas rare que, même chez les végétaux, les produits de boutures successives n'offrent pas en tout sens la même vigueur que le sujet primitif. Dans les espèces supérieures, où il ne s'agit que d'une reproduction de tissus, et non de membres ou de sujets complets, la vertu régénératrice s'épuise également par une régénération trop fréquente[1]. D'un autre côté, puisque les manifestations du principe de la vie sont subordonnées aux dispositions de l'organisme, elles ne peuvent atteindre leur plénitude avant que l'organisme n'ait acquis une perfection qu'il n'acquiert pas tout d'un coup. Il y a donc une raison, tenant au concours de l'organisme, pour que la manifestation vitale soit faible à son début, et une raison tirée de l'essence même du principe actif, pour que cette manifestation s'éteigne et s'affaiblisse avant de s'éteindre. Combinons les deux causes, et il en résultera nécessairement l'existence d'un apogée, d'un point culmi-

[1] *Essai*....., chap. IX, n° 130.

nant. Ainsi la vie ne peut se perpétuer dans les espèces que par la perpétuelle succession des êtres vivants : thème toujours offert à l'imagination du poète, à la méditation du philosophe et aux réflexions de chacun de nous !

De là enfin cette distinction aujourd'hui capitale et unanimement acceptée, entre les sciences *physiques* et *cosmologiques* d'une part, et d'autre part les sciences *naturelles* et l'*histoire naturelle*. La force des choses l'a emporté sur l'étymologie et nettement distingué par le sens, deux mots que l'étymologie confondait, et que l'usage devait confondre quand les sciences étaient encore au berceau. Le savant qui étiquette et classe des cristaux ou des roches amorphes n'a pas plus de droit aujourd'hui au titre de *naturaliste*, que l'astronome qui catalogue et décrit des nébuleuses ou des étoiles doubles. Pour mieux prévenir toute équivoque, il vaudrait mieux sans doute accepter définitivement la dénomination de sciences *biologiques*, qui déjà commence à s'accréditer : mais on finit toujours par s'entendre, et les Anglais ne se méprennent pas sur la nature des travaux de Newton et de Davy, quoiqu'ils donnent à un médecin le nom de *physicien* et au maître d'une pharmacie celui de *chimiste*.

206. — On a dit avec justesse que la nature de l'homme serait pour lui bien plus énigmatique encore, s'il n'existait point d'animaux auxquels il pût se comparer par certains côtés : il est encore plus vrai de dire que notre principale ressource, pour avancer un peu dans l'interprétation des phénomènes de la vie, doit résulter de cette circonstance heureuse, qu'il est entré dans le plan de la Nature de rapprocher et de

mettre en contraste deux types fondamentaux, deux formes générales sous lesquelles l'énergie vitale et plastique se déploie à la surface de notre planète, le type de la plante et celui de l'animalité. C'est par les ressemblances et les dissemblances entre l'animal et la plante que nous pouvons le mieux juger de ce qu'il y a de vraiment essentiel et fondamental dans les conditions de la vie. Tant de préjugés philosophiques, tant de vains systèmes métaphysiques tiennent en grande partie à ce que l'on n'a pas assez considéré qu'à côté d'une métaphysique faite en vue de l'homme ou des animaux les plus voisins de l'homme, il en faudrait une autre faite en vue des êtres vivants de l'autre règne. Ou plutôt l'on n'a pas assez pris garde que les problèmes, solubles ou insolubles, que la métaphysique agite, doivent (pour qu'on ait quelque chance de les voir s'éclaircir) être posés d'abord en vue des êtres où la vie se réduit à ce qu'elle a de plus fondamental et de plus simple. S'il est vrai que l'analyse et la comparaison soient nos grands moyens de connaissance et de critique, comment ne pas mettre à profit une analyse que la Nature elle-même a pris le soin de faire, une comparaison qu'elle nous invite à faire, par la manière dont elle a mêlé et lié les uns aux autres les êtres vivants des deux règnes?

207. — Lorsque Linnée, adoptant la vieille division des trois règnes de la Nature, a voulu l'exprimer dans le style concis, aphoristique, dont il est le créateur et qui a gardé son nom, il a dit : « Les minéraux croissent, les végétaux croissent et vivent, les animaux croissent, vivent et sentent. » La *caractéristique* du grand naturaliste laisse ici à désirer, parce que la division

tripartite qu'il veut rendre, et que tout le monde admettait de son temps, n'est plus admissible (205). La vie d'un côté, de l'autre les lois de la matière inerte, voilà la division capitale, la distinction tranchée : au contraire, l'animal et la plante sont des êtres qui présentent, dans toutes les fonctions qui leur sont communes, de frappantes analogies; et comme les fonctions par lesquelles ils diffèrent peuvent passer par tous les degrés d'activité, ou plutôt d'inactivité, jusqu'à l'engourdissement ou à l'abolition complète, on ne doit pas être surpris, si l'on rencontre des êtres à position indécise, sur les confins des deux règnes.

Les minéraux ne *croissent* pas, à proprement parler, mais leur masse peut accidentellement *s'accroître* ou diminuer, par la juxtaposition et l'adhérence ou inversement par la désagrégation et l'écartement des molécules. Au contraire, tous les êtres vivants se développent, croissent et se nourrissent par *intussusception,* comme disent les naturalistes, en puisant dans le monde ambiant les matériaux nutritifs ou réparateurs, en se les appropriant pour un temps, en les élaborant dans leur organisme, et finalement en les rejetant au dehors, après que toute vie s'est retirée d'eux, de manière que l'identité de l'être vivant reste attachée, non à la matière, comme pour les corps inorganiques, mais à la forme organique et à l'enchaînement des fonctions.

D'ailleurs, la faculté qu'ont les êtres vivants de croître et de se développer n'est qu'un des modes de manifestation de la puissance vitale : en sorte qu'au lieu de dire qu'ils croissent et vivent, on s'exprimerait plus justement en disant qu'ils vivent et que par

cela même ils croissent ou se développent à une certaine époque de leur vie. Cette loi de développement ne s'applique pas seulement aux organes matériels et aux formes plastiques : dans tout ce qui dépend de la constitution des êtres vivants, la Nature procède en développant un germe primitif et une faculté rudimentaire, plutôt qu'en créant de toutes pièces; en rendant progressivement plus fermes, plus distincts et plus stables des caractères primitivement flottants et indécis. Il en est à cet égard des instincts, des penchants, des perceptions, des facultés de l'être vivant et animé, comme de ses organes physiques.

208. — Faut-il rapporter à ce contraste entre le mode d'accroissement des corps inertes et le mode de développement ou de croissance des êtres vivants, un autre contraste qu'on a cru relever entre les uns et les autres, et qui tiendrait, à la présence chez les uns, à l'absence chez les autres, de formes géométriques? Notre réponse sera négative, et par la raison bien simple que le caractère distinctif, tiré de la présence ou de l'absence des formes géométriques, ne nous semble avoir rien de bien réel. Les tiges d'un peuplier, d'un pin, ont pour schème géométrique un cône à axe vertical, de même que la figure de la terre a pour schème géométrique un ellipsoïde aplati vers les pôles. Ni la planète qui est un corps inorganique, ni l'arbre qui est un être organisé, ne se conforment en toute rigueur au type idéal. A la vérité, les variations sont relativement plus grandes pour l'arbre que pour la planète, mais cela n'a pas d'importance en théorie. L'important est qu'il ne s'agisse, dans un cas comme dans l'autre, que de déviations irrégu-

lières, accidentelles, dues à des causes subalternes qui troublent dans son action la cause principale à la simplicité de laquelle il faut rapporter, dans l'un et l'autre cas, la régularité géométrique de la forme dominante. Les corps cristallisés eux-mêmes, tels qu'on les rencontre le plus habituellement dans la Nature, n'offrent pas cette précision géométrique de formes qu'on obtient par le clivage ou par les procédés de laboratoire.

A cet égard, la différence est plus grande dans le passage des plantes aux animaux, que dans celui des minéraux aux plantes. On peut dire que la régularité géométrique domine dans l'ensemble des formes végétales, et que le contraire a lieu dans l'ensemble des formes de l'animalité, malgré quelques relations de symétrie très-frappantes. Ce n'est guère que dans des appareils inertes ou d'une vie très-obscure, que l'animalité nous offre des exemples remarquables de régularité géométrique, où il faut voir l'expression de la simplicité des lois qui en ont déterminé la structure. Cela tient évidemment à la grande complication des organes des animaux, surtout dans les classes supérieures, à la multitude de leurs connexions, et à la variété des conditions auxquelles la Nature a voulu satisfaire en économisant l'espace et en faisant le plus souvent servir le même organe à des fonctions diverses. Tout cela s'est trouvé incompatible avec un agencement géométrique, pareil à celui que nous mettons dans nos machines relativement si grossières.

209. — Enfin (pour reprendre et compléter notre commentaire de l'aphorisme linnéen) la sensibilité chez les animaux n'est pas une faculté qui s'ajoute à

la vie, mais un des modes d'action de la vie, comme la croissance ou le développement en est un autre. Le développement appartient à ce premier période où la vie n'est pas seulement, comme on l'a dit, une *résistance à la mort*, c'est-à-dire aux causes physiques de destruction, qui tiennent aux qualités indélébiles de la matière, mais une puissance vraiment active, qui les surmonte et en triomphe : la sensibilité se montre à toutes les époques de la vie animale, mais toujours avec intermittence. Les animaux ne vivent pas pour sentir : ils sentent, parce que, d'après le plan de leur organisme, la faculté de sentir est nécessaire pour assurer la conservation de la vie, dans l'individu et dans l'espèce. Il en faut dire autant de toutes les fonctions intellectuelles de l'animal, si élevées qu'elles soient relativement. Un jugement inverse, lorsqu'il y a lieu de le porter, est déjà une preuve suffisante que nous sortons des limites dans lesquelles la Nature avait entendu renfermer le cercle des fonctions de l'animalité.

210. — Plaçons ici une remarque qui a beaucoup d'importance pour la suite de nos idées. Les manifestations de la *vie végétative* ou *organique*, commune aux animaux et aux plantes [1], consistent en général en mouvements intestins, en groupements moléculaires et en combinaisons chimiques; tandis qu'en général aussi la vie animale se manifeste par des mouvements extérieurs et par des phénomènes mécaniques. Si nous rangeons en série, dans l'ordre où elles semblent naturellement se présenter, et où nous les avons effecti-

---

[1] *Essai*....., n° 126.

vement étudiées, eu égard à la subordination des phénomènes qu'elles engendrent,

les forces mécaniques,
les forces moléculaires et chimiques,
la vie végétative,
la vie animale,

on constate une sorte de symétrie entre le second et le troisième terme de la série, entre le premier et le quatrième : à quoi l'on peut ajouter qu'en prolongeant en avant et en arrière la même chaîne systématique, l'étude de la vie intellectuelle de l'homme succède à celle de la vie animale, tandis que l'étude des principes rationnels de la logique et de la géométrie précède celle de la mécanique physique; ce qui vient en confirmation de la symétrie observée. L'idée même de force mécanique, suivant une remarque déjà faite maintes fois (81-170), nous est fournie par les phénomènes de la vie animale : elle nous serait absolument étrangère et n'aurait pu être introduite par nous dans la conception et dans l'explication des phénomènes physiques, si nous ne connaissions, entre les phénomènes vitaux, que ceux qui appartiennent à la vie végétative. On dirait que la région médiane, de part et d'autre de laquelle a lieu la distribution symétrique, est précisément la région obscure (168) pour laquelle les moyens d'intuition et de représentation nous échappent.

211. — La vie se reflète dans tous ses produits, dans ceux mêmes d'où elle s'est retirée, ou qu'elle a à peine pénétrés, ou qu'elle n'a pas pénétrés du tout. La coquille du mollusque, aux riches couleurs et aux

formes élégantes, la toile de l'araignée, le coton du bombyx, le nid même de l'oiseau sont déterminés dans leurs matériaux, leur structure, leur forme, et font partie de la caractéristique de l'espèce, aussi bien qu'une plume, un poil ou une écaille. On y reconnaît également (ou à divers degrés, car ceci importe peu), ce que nous nommons le cachet de la Nature, c'est-à-dire la marque de cette action mystérieuse qui poursuit et obtient instinctivement la production d'une œuvre harmonique. On ne confondra pas de tels produits, sur lesquels la vie a agi ou qu'elle a pénétrés, avec les concrétions dont une grotte est tapissée, quelque illusion que celles-ci nous causent parfois, ni avec la pelotte de fucus que la mer rejette sur son rivage. On ne les confondra pas davantage avec les produits de l'art humain, avec nos vases et nos étoffes. C'est ainsi que nous distinguons, par le sentiment de la vie qui y circule, la modulation de l'oiseau chanteur de celle d'un orgue mécanique et du murmure du torrent ou du bruissement de la forêt (198).

Dejà la force des analogies a consacré ces expressions : la vie d'une race, la vie d'un peuple, une langue vivante, un droit vivant. Ne sont-ce là que des métaphores? Oui sans doute, si nous nous en tenons à l'idée que nous donnent de la vie le sentiment de notre existence individuelle et personnelle, et la vue des êtres qui nous ressemblent le plus; non, si nous envisageons dans leur plénitude et dans leur ensemble les manifestations de la vie. Considérez notamment les langues, et voyez si elles ne possèdent pas tous les caractères que nous avons reconnus jusqu'ici aux produits de la vie. Elles ont leurs périodes d'enfance, de

jeunesse, de virilité, de vieillesse, de décrépitude (205); et elles ont dû nécessairement avoir, avant l'âge d'enfance que nous pouvons observer pour quelques-unes d'entre elles, un état rudimentaire ou embryonnaire, soustrait à nos observations. Elles se développent par intussusception, par l'élaboration de matériaux adventices, par la fixation progressive de formes primitivement indécises, par la distinction croissante de ce qui était originairement confondu (207). La forme, c'est-à-dire la structure grammaticale, y persiste comme l'élément essentiel, tandis qu'elles perdent des matériaux (c'est-à-dire des mots) et en acquièrent d'autres, et que ces matériaux eux-mêmes subissent dans leur constitution et dans leur valeur de continuelles altérations. Quand le système des formes grammaticales est viscéralement atteint et que la langue ne peut plus vivre, les matériaux qui la composaient s'en détachent pour entrer dans la composition d'un autre organisme. Bien d'autres points de comparaison s'offriront plus tard à nous, qui devront être l'objet de notre attention spéciale.

212. — Mais dès à présent il faut remarquer l'effet de cette tendance à une polarité symétrique, dont il a été question au n° 210. Car, si la vie se fait sentir dans un produit de l'activité des hommes réunis en sociétés nombreuses, dans une langue par exemple, c'est apparemment la vie que nous appelons organique ou végétative, la vie qui n'a pas conscience d'elle-même, à laquelle la personnalité ne s'associe pas, quoiqu'elle emploie comme véhicules des myriades d'êtres humains, doués individuellement de conscience et de personnalité, qui se succèdent dans

ce travail organique fait en commun, sans avoir conscience de la part qu'ils y prennent en passant, pas plus ou guère plus que n'en ont à la végétation du polypier les générations d'animalcules qui en sont les instruments. Ainsi, pour l'espèce humaine, un surcroît de développement des facultés de la vie animale et de la vie intellectuelle ramène des conditions fort analogues à celles du développement de la vie organique dans les espèces les plus abaissées; et plus tard nous verrons qu'un surcroît de perfectionnement des sociétés humaines, spécialement désigné par le nom de *civilisation*, tend à y substituer le mécanisme calculé ou calculable à l'organisme vivant, la raison à l'instinct, la fixité des combinaisons arithmétiques et logiques au mouvement de la vie;

Et quod nunc ratio est, impetus ante fuit.

Il nous est bien plus facile de démêler par l'analyse les conditions de cette cessation du mouvement vital, à laquelle (pour ainsi dire) nous assistons, que d'atteindre par l'observation les conditions de la mise au branle de ce même mouvement, à l'apparition des premiers produits de la force plastique. En ce sens, l'étude de l'homme et des sociétés humaines, où l'homme individuel disparaît comme un atome, est nécessaire pour compléter l'étude philosophique de la Nature vivante, tout comme l'étude philosophique de la Nature vivante est nécessaire pour comprendre l'histoire de l'homme.

CHAPITRE II.

DU CADRE ET DES CARACTÈRES DES SCIENCES NATURELLES, DE L'HISTOIRE ET DE LA PHILOSOPHIE DE LA NATURE.

213. — Nous n'entreprendrons pas de tracer sous autant d'étiquettes ou de rubriques convenues qu'il en faudrait, une sorte de tableau encyclopédique des sciences naturelles : les détails d'un tel tableau nous mèneraient trop loin, et pour les arrêter avec sûreté, personne ne se trouverait moins compétent que nous. L'espèce d'anatomie qui nous est devenue familière par une longue application, à laquelle nous croyons avoir rendu quelques services, n'est pas celle qui emploie le scalpel et les injections, la loupe et le microscope. La Nature ne nous a donné pour cela, ni une main assez adroite, ni des yeux assez bons. En conséquence, le cadre dont il est question dans le titre du présent chapitre, ne peut être que le cadre des catégories fondamentales, des idées premières auxquelles se rattachent toutes les constructions scientifiques dont nous renonçons à présenter l'énumération et la classification détaillées.

Une première division saute, pour ainsi dire, aux yeux : parmi les sciences naturelles, les unes se rattachent à la grande catégorie de l'ORDRE et de la FORME, en ce qu'elles ont pour objet l'énumération, la description, la classification, la comparaison des formes organiques; les autres, dont l'objet direct est

l'étude des fonctions de la vie, ne peuvent avancer dans cette voie saus faire un perpétuel usage de l'idée de FORCE, quelque terme qu'on emploie pour la désigner. Ainsi se reproduit, pour l'étage des sciences naturelles, l'antithèse à la faveur de laquelle se sont déjà opérés la distribution et (si nous ne nous abusons point trop) l'éclaircissement des matières dans les deux premiers livres du présent ouvrage.

Cette antithèse cadre avec la distinction, aujourd'hui élémentaire, entre l'*anatomie* et la *physiologie* : car, il est bien clair que l'étude des formes ne requiert qu'accidentellement le scalpel ou la loupe; qu'elle ne change pas foncièrement de nature pour être faite sur une plus grande ou sur une plus petite échelle, pour porter sur des formes extérieures, ou sur la structure et la disposition des organes internes. Aussi a-t-on eu raison de créer un mot nouveau, celui de *morphologie*, dans la composition duquel l'idée accessoire de dissection n'entre pas, pour désigner, dans son ensemble, la science des formes organiques.

214. — Dans l'état actuel de la morphologie, il est facile d'y discerner deux assises dont l'une (l'assise inférieure) comprend les sciences où il s'agit surtout de descriptions, de caractéristiques et de classifications. Nous sommes ici dans le monde des faits bien plus que daus celui des idées, quoique le principe de la caractéristique et de la classification soit lui-même une idée, et quoiqu'il ne puisse y avoir de science sans une intervention de l'idée ou de la spéculation philosophique à un degré quelconque [1]. Les sciences

[1] *Essai*....., chap. XXI, n[os] 331 *et suiv.*

dont nous parlons ont dû nécessairement se constituer les premières. On n'est parveuu que très-récemment à superposer à cette assise inférieure, à cette doctrine en quelque sorte élémentaire, une anatomie supérieure, une théorie plus élevée du type ou de la forme organique, qui pénètre de plus en plus dans la science positive et incontestée, quoiqu'elle ait essentiellement pour objet des idées, des rapports, des lois, plutôt que des faits sensibles, et qu'ainsi elle reste toujours beaucoup plus imprégnée des caractères propres à la spéculation philosophique. Et néanmoins cette théorie, tout élevée qu'elle est, n'exige point encore à la rigueur la notion de force vitale, pas plus que la théorie de la cristallisation et de la réduction des formes cristallines à leurs types fondamentaux n'exige précisément la notion des forces moléculaires qui interviennent dans le phénomène de la cristallisation (78). Aussi la morphologie supérieure, même dans ses parties les plus relevées, est-elle au fond plus claire et plus voisine de la perfection scientifique que la physiologie la plus élémentaire, obligée de faire sans cesse appel à cette idée d'une force ou de forces diverses qui gouvernent l'organisme vivaut : idée qu'il nous est si malaisé, pour ne pas dire absolument impossible de définir et de préciser.

215. — De son côté, la physiologie ne comprend pas seulement l'étage inférieur des fonctions de la vie, celui pour lequel à chaque modification fonctionnelle correspond uu changement matériel appréciable dans la structure ou la disposition des organes, dans la composition des tissus ou des humeurs : elle doit pareillement embrasser les habitudes, les instincts, les

aptitudes dont les symptômes matériels sont insaisissables pour nous, ou qui peut-être n'ont pas de symptômes matériels. C'est-à-dire qu'elle passe, par une suite de transitions continues, à ce que nous appelons la *psychologie*, et ne saurait en être qu'artificiellement ou hypothétiquement séparée.

Sans admettre, comme quelques auteurs, qu'il puisse y avoir des sciences naturelles purement descriptives, il est juste de reconnaître que l'élément descriptif prédomine ou peut être plus facilement isolé dans celles des sciences naturelles qui ont pour objet spécial les formes organiques : non qu'il ne soit possible de décrire, avec la plus grande sobriété d'explications, une fonction, une maladie, comme on décrirait sans explications une forme organique; mais parce que la forme tombe immédiatement sous nos sens, tandis qu'il serait comme impossible d'éviter dans la description des phénomènes physiologiques (et à plus forte raison dans celle des phénomènes psychologiques) toute allusion, claire ou déguisée, à l'idée de force, sous l'influence de laquelle notre esprit met dans les faits ce que le fait seul, tel qu'il tombe sous nos sens, ne donnerait pas. Il y a là une nécessité de langage qui n'est que l'expression d'une nécessité de la pensée. Autant vaudrait tenter de bannir de l'exposé des phénomènes physiques toute conception de dynamique, pour s'en tenir aux notions qui appartiennent à la théorie purement géométrique du mouvement (90). Autant vaudrait essayer de bannir de notre langage, comme quelques philosophes le voudraient, toute allusion à l'idée de cause (170).

216. — C'est en vue des applications à l'art mé-

dical que la physiologie a dû naître, et elle n'a commencé que bien tard à être étudiée pour elle-même, dans les conditions de la vie normale, indépendamment de toute application à l'art de guérir. La médecine est donc tout à la fois la mère et la fille de la physiologie : la mère dans l'ordre des temps, la fille dans l'ordre spéculatif. Aussi tous les systèmes de médecine, depuis qu'il y a des médecins et des systèmes, impliquent-ils l'idée de force. Ecoutez les médecins, lisez leurs livres, et dites s'ils pourraient se passer d'évoquer, sous un nom ou sous un autre, l'idée de force. Voilà pourquoi les progrès des sciences médicales se sont si peu proportionnés aux immenses progrès accomplis dans les sciences anatomiques et chirurgicales; et l'obscurité de l'idée de force vitale, comparée à la netteté de l'idée de forme, rend raison de l'infériorité relative (et à notre grand dommage irrémédiable) que montreront les sciences physiologiques et médicales, toutes les fois qu'on voudra les comparer à celles qui ont les formes pour objets, même dans ce que celles-ci offrent de plus relevé et de plus soustrait à la perception sensible. Il est bien permis d'affirmer que jamais les suites de cette infériorité constitutionnelle ne disparaîtront, au point de nous dispenser de recourir au pur empirisme, et de rendre impossibles les usurpations du charlatanisme.

C'est un thème rebattu, un lieu commun de la conversation des gens du monde, que la comparaison qu'on établit entre la chirurgie et la médecine, laquelle aboutit inévitablement à exalter l'une et à déprécier l'autre. Le bon sens dicte en effet cet arrêt; mais encore faut-il en éclaircir les considérants, et

savoir au juste ce qu'on doit entendre par chirurgie et médecine : car, le couteau et les bandages ne sont pas ce qui fait essentiellement le chirurgien, ni les remèdes le médecin; pas plus que les fourneaux et les fioles ne sont ce qui fait essentiellement le chimiste (138). Lorsqu'un médecin ausculte un malade et juge, d'après certains signes physiques, de l'état du poumon ou du cœur, il peut prétendre à la même sûreté de diagnostic que le chirurgien qui inspecte une plaie ou une tumeur extérieure; et en ce sens il fait par des moyens détournés, que les progrès de la science peuvent rendre de plus en plus précis, un sondage, une anatomie véritable; il est à proprement parler chirurgien. La différence de rôle ne commence que lorsqu'il s'agit des moyens curatifs : car, tandis que le chirurgien pansera la plaie, enlèvera la tumeur ou amputera le membre malade, le médecin n'aura prise sur l'organe malade qu'au moyen de *remèdes*, c'est-à-dire en éveillant et en dirigeant d'une certaine façon les forces de l'organisme, ces entités que nous connaissons si imparfaitement, sur lesquelles il faut bien que nous raisonnions, et sur lesquelles nous raisonnons souvent d'une manière si périlleuse. Inversement, lorsqu'il faut que le chirurgien fasse intervenir dans ses prévisions les réactions physiologiques, qu'il décide si une amputation est nécessaire ou si l'on peut compter sur les forces de la Nature pour la guérison de la plaie; lorsqu'il fait, comme on dit, de la médecine opératoire, il a beau opérer avec le couteau et sur les organes extérieurs : son art devient aussi conjectural que celui du médecin, et par les mêmes causes.

Quelle que soit, en apparence, l'étrange disparité des termes de comparaison, on peut dire que la logique est à la psychologie ce que l'anatomie est à la physiologie, ce que la chirurgie est à la médecine. De part et d'autre c'est le même contraste entre la précision que comporte la détermination des formes, et le vague des explications fondées sur l'idée de forces que nous ne pouvons définir, encore moins mesurer dans leurs variations continues (13).

217. — Nous avons insisté dans un autre ouvrage[1] sur le rôle de l'élément scientifique proprement dit, de l'élément historique et de l'élément philosophique dans le système de nos connaissances : il faut reprendre ici quelques-unes de ces considérations, en tant qu'elles s'appliquent à l'étude scientifique et philosophique des êtres vivants. A prendre les choses dans un certain sens, tout, dans les phénomènes de la vie, se subordonne à l'élément historique. Car, pour que la vie apparût à la surface de la terre, il fallait que le globe terrestre et ses enveloppes fluides fussent constitués astronomiquement, physiquement et chimiquement d'une certaine manière et non d'une autre : sans quoi l'organisme vivant, sous les formes que nous lui connaissons, ne serait pas possible; et nous ignorons si d'autres conditions auraient rendu l'organisme possible sous d'autres formes. Ainsi, la manifestation de la vie présuppose certaines données de cosmologie, lesquelles rentrent dans la catégorie de celles dont l'histoire des faits antérieurs peut seule contenir la raison et fournir la clef (181).

[1] *Essai*....., chap. XX, XXI *et* XXII.

218. — Mais, dans ce sens, il faudrait dire aussi que la chimie, la cristallographie sont des sciences cosmologiques, puisqu'il a fallu que la matière pondérable eût acquis çà et là, dans les espaces célestes, un degré de concentration suffisant, pour donner lieu aux combinaisons moléculaires et à la formation des cristaux. On ne doit pas confondre les conditions ou les circonstances requises pour qu'un phénomène se produise, avec la raison intrinsèque du phénomène. L'arrangement du Monde qui rend possible à une époque donnée la manifestation des actions vitales, n'en est pas le principe déterminant. C'est en elle-même que la puissance créatrice de la Nature trouve, quand l'heure est venue et que les circonstances sont propices, sa raison d'agir conformément à certaines lois générales. Le système de ces lois générales, en ce qui regarde, soit l'harmonie des fonctions, soit la structure des matériaux de l'organisme (anatomie générale), soit la charpente des types organiques (anatomie supérieure), est un objet de contemplation théorique, au même titre que les lois générales de la physique; et il ne faut pas confondre les études dont ces lois générales sont l'objet, avec celles qui portent sur des faits particuliers et locaux, amenés par le jeu des combinaisons fortuites et le mode de succession des événements, lors même que ces faits particuliers et locaux acquièrent, en raison des circonstances, une importance de premier ordre, comme il y en a tant d'exemples dans les sciences cosmologiques. Pourquoi les singes du Nouveau Continent ont-ils tous trente-six dents, tandis que tous ceux de l'Ancien Continent ont trente-deux dents comme l'homme? Pourquoi trouve-t-on dans

l'un des éléphants et n'en trouve-t-on pas dans l'autre? Pourquoi le type des marsupiaux prédomine-t-il parmi les mammifères de l'Australie et non ailleurs? Pourquoi les nombreuses espèces de pins appartiennent-elles à l'hémisphère boréal et non à l'autre? Pourquoi tant d'espèces de bruyères accumulées à la pointe de l'Afrique australe, tandis qu'au nord de l'Europe ce sont les espèces de bruyères qui sont en petit nombre et les individus de l'espèce qui foisonnent? Voilà autant de faits que les harmonies fonctionnelles n'expliquent pas (car trente-deux dents suffiraient bien au singe du Nouveau Continent et trente-six ne nuiraient pas au singe de l'Ancien Monde), et qui ne peuvent non plus avoir leur cause dans l'action prolongée des milieux et des climats, tendant à une autre sorte d'harmonie : car, l'éléphant dont l'espèce ou dont les espèces congénères ont jadis vécu en Amérique, y vivrait aussi bien, à des latitudes convenables, qu'en Asie ou en Afrique ; et le bœuf, depuis qu'on l'a transporté en Amérique, y vit et s'y propage, à l'état sauvage comme à l'état domestique, non moins bien que dans l'Ancien Monde d'où sa race provient. La raison de tous ces faits est dans des faits antécédents, dans des données que nous nommons historiques, non que nous puissions les connaître pour la plupart historiquement, attendu que les monuments d'une telle histoire ont presque tous péri ; mais parce que nous concevons une série d'événements ou de faits qu'un témoin intelligent aurait pu noter en leur temps, et qui donneraient la clef des faits actuels, sans que rien puisse compenser la perte des monuments historiques, quand elle est complète.

219. — On a souvent remarqué que l'économie de la Nature vivante n'offre pas de ces règles fixes, absolues, sans exception, comme le sont en général les lois de la mécanique, de la physique ou de la chimie. D'abord, il faut distinguer entre les lois proprement dites et les faits, même très-généraux, dont la raison ne peut être qu'historique, nullement théorique. La généralité apparente du fait qui simule une loi, peut tenir à ce qu'il y a beaucoup de chances pour que le fait se produise plutôt que le fait contraire; et il n'est même pas impossible que le hasard des combinaisons ait produit le fait qui n'avait pas le plus de chances en sa faveur (59). Dans l'un et l'autre cas il est donc tout simple que le fait général se présente accompagné d'exceptions. Toutes les planètes et tous ceux de leurs satellites qui étaient connus, il y a un siècle, se meuvent d'occident en orient, dans des ellipses peu excentriques, dans des plans peu inclinés à l'équateur solaire. Voilà qui ressemble fort à une loi : ce n'est pourtant qu'un fait à la généralité duquel ont dérogé plus tard les grandes excentricités et les grandes inclinaisons de certaines planètes télescopiques, et surtout les mouvements des satellites d'Uranus. Ainsi, par cela seul que les organismes vivants gardent l'empreinte de certaines particularités d'origine et des faits auxquels a donné lieu le déploiement de l'activité de la Nature dans des périodes antérieurs, il n'y aurait rien de surprenant à ce que les faits généraux qu'ils présentent, et que nous baptiserions improprement du nom de lois (par une assimilation inexacte avec les lois physiques, indélébiles et permanentes) admissent des dérogations, des exceptions, et nous offrissent ce que nous

nommons des anomalies, des bizarreries ou des monstruosités. La variété des faits en histoire naturelle, incomparablement plus grande que dans les sciences cosmologiques, explique donc suffisamment en ce qui les concerne, la remarque dont il s'agit.

220. — Venons aux lois proprement dites, et à la partie théorique des sciences naturelles. A cet égard on peut observer qu'il n'est point étonnant que nous n'atteignions pas, dans la description ou l'explication des phénomènes de la Nature vivante, à des lois aussi fondamentales, aussi rapprochées des premiers principes de toutes choses, que le sont certaines lois des sciences physiques. La plus grande complexité du sujet suffirait pour y mettre obstacle. La météorologie est bien une science purement physique; et pourtant, à cause de la complication des problèmes dont elle traite, que nous ne pouvons aborder que par des méthodes empiriques, dans quel état d'infériorité scientifique la météorologie ne se trouve-t-elle pas, comparée à l'optique ou à la chimie? Les lois que l'on commence à démêler empiriquement dans cette science, celle par exemple que l'on connaît sous le nom de *loi de rotation des vents*, ne ressemblent-elles pas aux lois que l'on commence aussi à démêler empiriquement dans l'économie de la Nature vivante, en ce qu'elles expriment la manière dont les choses se passent habituellement, communément, en vertu de la distribution des chances (63), plutôt qu'une nécessité rigoureuse que l'on puisse expérimentalement constater.

Enfin, sans préjudice de cette explication, il serait encore fort raisonnable d'admettre que l'activité vitale,

où se montre d'une manière si frappante, quoique si incompréhensible pour nous, la coordination des moyens en vue d'une fin, a aussi une certaine latitude de détermination, incompatible avec l'essence des forces purement physiques (176), parfaitement conciliable au contraire avec une tendance instinctive à se manifester sous le plus grand nombre de formes et à s'approprier au plus grand nombre de circonstances possibles, et qui n'aurait rien de plus merveilleux que tant d'autres attributs que nous sommes bien forcés de reconnaître à l'impénétrable principe des phénomènes de la vie.

221. — En même temps que la part de l'élément historique grandit dans le passage des sciences physiques aux sciences naturelles, la part de l'élément philosophique grandit également. Il y a plus de choses laissées à l'induction, aux conjectures, et à des conjectures plus hardies. Les questions qui dépassent le domaine de la science positive se mêlent tellement aux autres, qu'elles peuvent difficilement, ou même qu'elles ne peuvent pas du tout être mises à l'écart. Quand on fait de la physique, de l'astronomie, il est assez commode de mettre de côté toute question d'origine, toute question de finalité : mais, comment éviter en histoire naturelle les questions d'origine, à propos de la subordination et de la distribution des types? Comment éviter les questions de finalité dans les sciences naturelles où le principal fil conducteur est l'idée de l'harmonie des organes et des fonctions, et de la coordination des instruments en vue d'une fin? Une philosophie de la Nature intervient donc inévitablement dans toute spéculation scientifique sur

la Nature vivante; et réciproquement, toute spéculation philosophique sur les phénomènes de la vie devrait être reléguée parmi les songes, si elle ne s'imposait la condition de mettre à profit toutes les inductions que peut fournir l'état actuel des sciences positives.

Il convient toutefois de distinguer, dans la philosophie de la Nature, la partie qui s'incorpore à la science positive et celle qui s'en détache : la science positive ne pourrait se passer de l'une; elle peut très-bien faire abstraction de l'autre. Le physiologiste, le médecin ne se déroberont pas à la nécessité de discuter la conception philosophique des forces vitales, la thèse philosophique du vitalisme : mais rien ne les obligera d'entrer dans les discussions ontologiques sur la nature de l'âme et sur son mode d'opération. Le botaniste, le zoologiste se garderont bien d'écarter, comme quelques philosophes le voudraient, l'idée de finalité dans l'étude de la structure et des fonctions de chaque type organique en particulier : tandis qu'ils pourront parfaitement se dispenser de suivre cette idée dans ses applications à l'ensemble de la création organique et au rôle de chaque espèce à l'égard des autres. Que s'ils se livrent en passant à des spéculations de cette dernière sorte, ils le feront en qualité de philosophes, non en qualité de savants (puisqu'il n'y a plus là de fil conducteur dont la science positive puisse tirer parti), et parce que rien n'interdit à un savant de faire un peu de philosophie à ses moments perdus.

222. — L'ordre que nous aurons à suivre dans ce troisième livre nous est tracé par les observations qui précèdent. D'abord, nous discuterons les idées qui

sont le fondement de la morphologie organique, à savoir les idées d'unité, d'individualité, de centralisation et de perfection organiques, de type organique et d'un plan des organismes. Nous soumettrons ensuite à un examen plus approfondi les principes de la théorie du dynamisme vital, sur lesquels nous n'avons encore pu donner que quelques généralités; et ceci nous amènera naturellement à étudier les manifestations de l'activité vitale à leur origine, dans le passage des phénomènes physiques aux phénomènes vitaux, dans l'acte de la génération qui est la cause active, efficiente, physiologique, de la constitution des espèces vivantes, de l'établissement des races, de la succession des variétés individuelles, des phénomènes d'hybridité et de monstruosité.

Toute cette partie morphologique et physiologique de notre sujet appartient aux sciences naturelles proprement dites : nous aborderons ensuite ce que l'on nomme proprement l'histoire naturelle, en traitant de l'habitation, de la patrie, de l'âge et de la succession des espèces, de l'origine des espèces et de l'idée de création organique.

Enfin, de ces questions de philosophie naturelle, intimement et nécessairement liées au système de la science, nous passerons aux questions plus élevées ou plus générales que comprend aussi la philosophie de la Nature, quoiqu'on pût, à la rigueur, s'abstenir de les agiter, si l'on ne tenait compte que des exigences de la construction scientifique.

CHAPITRE III.

DES IDÉES D'INDIVIDUALITÉ, DE CENTRALISATION ET DE PERFECTION ORGANIQUES. — DES IDÉES DE TYPE ORGANIQUE ET D'UN PLAN DES ORGANISMES.

223. — Tout au début de notre œuvre de systématisation philosophique, nous avons trouvé l'idée d'unité ou d'individualité, qui est la racine de la science des nombres, et en regard les idées de genre et d'espèce qui sont le fondement des classifications logiques : il s'agit de reprendre ces idées fondamentales en tant qu'elles s'appliquent particulièrement aux êtres vivants (9).

Le propre de l'être vivant est d'offrir, pour la constitution de son unité, une merveilleuse harmonie de fonctions et d'organes, dont les détails sont infinis, qui nous surprend d'autant plus que nous y pénétrons davantage, et qui surpasse sans mesure tout ce que notre imagination peut concevoir, tout ce que notre art peut réaliser (204). Et ceci ne s'applique pas seulement aux formes et à la structure plastique, dans leurs rapports avec les fonctions, mais aux fonctions dans leurs rapports entre elles [1].

224. — Cependant, quoique nous ne puissions concevoir la vie sans un lien d'unité ou de solidarité organique, il faut bien admettre que ce lien se montre, suivant les cas, plus ou moins resserré ou détendu.

[1] *Essai*....., chap. IX, n° 131.

A cet égard, la plante n'est pas comparable à l'animal, ni l'animal des classes inférieures à ceux que leur organisation rapproche de nous. Chez ceux-ci mêmes il y a des organes ou des systèmes d'organes dont la sympathie est plus vive, et d'autres qui remplissent avec plus d'indépendance individuelle leur rôle dans l'ensemble de l'organisme. Chez les animaux composés et chez les monstres doubles, tels que ceux dont notre propre espèce a fourni des exemples célèbres, on voit des organismes, tantôt adhérer, tantôt se pénétrer profondément, de manière à dérouter les idées qui nous sont devenues les plus familières, celles que les cas ordinaires et normaux nous suggèrent sur la constitution même de l'individualité, sur l'existence propre et indépendante des êtres organisés et sur la solidarité de leurs parties constituantes.

Un bourgeon est en un sens un végétal greffé sur un autre, à qui cette greffe naturelle n'ôte pas son individualité propre, quoiqu'elle le mette en communication sympathique avec les autres bourgeons, greffés naturellement aussi sur le tronc commun. Inversement ou dans un autre sens, les boutures ne cessent pas d'appartenir à l'individu dont elles ont été détachées, et de le continuer dans son existence individuelle, avec les caractères individuels qui lui appartiennent. Les animalcules du polypier ou de l'éponge ressemblent beaucoup à cet égard aux bourgeons du végétal; ils ont aussi leur vie propre et leur vie commune : car, apparemment, on ne refusera pas la vie à l'arbre, tout en accordant au bourgeon, et même à la feuille, à la fleur, aux autres organes caducs, une vie

propre qui se lie harmoniquement à celle de l'être composé. « Tout être vivant, dit Gœthe (dont il ne faut pourtant pas trop presser les paroles), n'est pas une unité, mais une pluralité; alors même qu'il nous apparaît sous la forme d'un individu, il est une réunion d'êtres vivants et existant par eux-mêmes...... Plus l'être est imparfait, plus les parties sont semblables et reproduisent l'image de l'ensemble. Plus l'être devient parfait, et plus les parties sont dissemblables. Dans le premier cas, le tout ressemble à la partie; dans le second, c'est l'inverse : plus les parties sont semblables, moins elles se subordonnent les unes aux autres....... »

Ainsi, nous nous formons l'idée d'une échelle de perfectionnement organique, au sommet de laquelle seraient placés (au moins en ce qui concerne les êtres que l'ensemble de leur organisation permet de comprendre dans une même série) ceux dont les fonctions sont mieux liées, plus centralisées, plus spécialisées, par suite d'une plus rigoureuse subordination et d'une plus nette distinction des organes : la Nature, dans l'être vivant, tendant toujours à la plus parfaite unité du tout par la diversité des détails de l'organisme. L'animal qu'on appelle *édenté*, non qu'il manque de dents, mais parce que toutes ses dents se ressemblent et que le nombre n'en est pas aussi rigoureusement fixé que pour d'autres espèces, sera réputé offrir, quant au système dentaire, une organisation inférieure à celle des espèces qui ont des dents molaires, canines, incisives, en nombres déterminés, et appropriées par leurs différences de formes à autant d'usages spéciaux. L'homme qui a deux pieds et deux

mains possèdera, de ce chef seul, une organisation intrinsèquement plus parfaite que celle du quadrupède ou du quadrumane; encore bien que le quadrumane, né pour grimper, s'accommode mieux de ses deux mains de derrière que de deux pieds. Le *summum* de la perfection organique serait que chaque pièce se distinguât nettement, par la structure et par les fonctions, de toutes les pièces congénères : de manière que le nombre des pièces de chaque sorte se réduisît à l'unité pour les pièces médianes, et pour les autres à ce qu'exige la symétrie générale de l'organisme. Lorsqu'on a envisagé de ce point de vue l'économie de la Nature vivante, on a tout de suite reconnu qu'elle est gouvernée par les mêmes principes que l'économie de nos industries et de nos sociétés humaines : la subordination, la centralisation, la division ou la spécialité du travail. La Nature et l'homme se sont rencontrés, non que l'homme ait pris modèle sur la Nature qu'il ne connaissait pas encore assez et encore moins la Nature sur l'homme, mais parce qu'une nécessité rationnelle, fort supérieure à l'homme et qui commande même à la Nature vivante, le voulait ainsi (145).

225. — De même que l'on reconnaît un perfectionnement progressif (dans le sens qui vient d'être expliqué) en passant d'un être vivant à un autre, ainsi l'on reconnaît un perfectionnement du même genre en passant d'un ordre de fonctions à un autre. Les fonctions de la vie animale exigent manifestement un organisme plus centralisé, plus spécialisé que les fonctions de la vie organique ou végétative, commune aux animaux et aux plantes (209). Mais il est un ordre de

fonctions qui appelle à cet égard l'attention d'une manière toute particulière. En effet, s'il y a dans l'animalité une très-grande part faite à une vie végétative, très-analogue à celle des plantes, il y a aussi dans les plantes un ordre de fonctions par lequel elles ressemblent singulièrement aux animaux, et qui, même chez elles, semblent relever plutôt de la vie animale que de la vie organique ou végétative : nous voulons parler des fonctions de la génération. Les loges d'une anthère éclatent; les granules de pollen vont par un mouvement, non plus moléculaire (210), mais sensible et apparent, féconder les ovules contenus dans l'ovaire; l'ovule fécondé devient une graine, une semence, un œuf végétal qui sera à son tour lancé au loin et qui, une fois déposé dans un sol convenable, produira un germe, un embryon, sorte de plante en miniature, ayant sa tige, ses feuilles, ses racines, laquelle se développera peu à peu, passera par tous les périodes de croissance et de dépérissement, jusqu'à la mort, sans cesser de se conformer aux conditions de son espèce. A cet égard un palmier, un chêne ne diffèrent pas d'un poisson ou d'un oiseau : il y a entre les végétaux et les animaux, surtout entre ceux de l'une et de l'autre série dont l'organisation est la plus parfaite et que nous connaissons le mieux, une ressemblance frappante. Dans cet ordre de fonctions, plus de ces ambiguïtés auxquelles donne lieu le mode de propagation, de multiplication, de reproduction par gemmes ou par boutures; la distinction des générations successives est parfaitement tranchée; on peut leur donner des noms, des numéros d'ordre. Voilà ce qui établit le plus nettement la

notion de l'unité ou de l'individualité, appliquée aux êtres vivants, animaux ou plantes; voilà donc aussi ce qui doit établir le plus nettement la caractéristique; et dès lors, par une secrète mais incontestable liaison, il faut que l'acte de la génération et ses conséquences deviennent le fondement de l'idée d'espèce et des classifications du naturaliste (47), tant pour les plantes que pour les animaux; il faut aussi que les appareils sexuels deviennent plus spécialement encore le fondement des classifications pour les plantes qui empiètent par là sur les conditions de l'animalité.

226. — Cependant notre plan requiert que nous renvoyions plus loin la critique philosophique de l'idée d'*espèce*, au sens des naturalistes : car, le phénomène de la génération, sur lequel elle se fonde, est la plus haute comme la plus secrète manifestation des forces vitales et plastiques, dans le cours actuel des choses; et l'ordre des catégories de l'entendement, le cadre même des sciences naturelles, tel que nous l'avons esquissé dans le chapitre précédent, veulent que nous fassions passer ce qui relève uniquement de la catégorie de la forme, ce qui appartient à la pure morphologie, avant ce qui implique la notion de la force et ce qui relève en conséquence de la physiologie. Ce n'est point là le procédé de la science technique, mais c'est celui de la philosophie de la science. Platon est venu avant Aristote: car, il est dans la nature de l'esprit humain que les intuitions de la philosophie devancent l'organisation de la science positive; que le philosophe aborde d'emblée les questions les plus hautes et en réalité les plus fondamentales, et que le savant y revienne plus tard

pour la coordination et l'explication des faits patiemment accumulés. L'histoire des sciences dans notre siècle n'offrira rien de plus curieux que cet antagonisme entre deux écoles de naturalistes qui vraiment représentaient à leur manière, conformément à l'esprit et aux lumières de leur siècle, l'aristotélisme et le platonisme : tant il faut admirer ce vieux génie grec qui a planté les bannières autour desquelles se rangent encore les combattants, chaque fois qu'un combat sérieux s'engage sur le terrain des idées (78)!

227. — En effet, autre est l'idée aristotélicienne de l'harmonie des fonctions et de la coordination de toutes les parties de l'organisme en vue des fonctions à remplir, autre est l'idée platonicienne d'un type d'organisation. A côté d'un organe dont l'utilité fonctionnelle est évidente, s'en trouvent d'autres qui semblent n'exister que pour maintenir la conformité de type entre diverses parties du même organisme, entre un sexe et l'autre, ou même pour témoigner des analogies du type spécifique avec d'autres types, et de leur subordination à un type d'ordre plus élevé, d'où les uns et les autres dériveraient (49). La conformité ou l'analogie des fonctions amène entre les êtres organisés des ressemblances qui ne sont point du tout de même ordre que celles qui tiennent à la dérivation d'un même type organique. Quelques mammifères volent et quelques oiseaux ne volent pas : il n'y en a pas moins, entre tous les mammifères d'une part, entre tous les oiseaux de l'autre, des ressemblances typiques d'un ordre bien supérieur à celles que l'on observe entre les oiseaux qui volent et les mammifères qui volent aussi. Même remarque pour

les poissons comparés aux mammifères. Le mammifère qui ne vole pas, et dont les fonctions comme le type sont si distincts des fonctions et du type de l'oiseau, se rattache pourtant, comme l'oiseau, au type plus général des vertébrés, et a par là avec l'oiseau des ressemblances bien plus intimes et bien plus fondamentales que celles que l'identité du milieu d'habitation et l'analogie des fonctions peuvent établir entre l'oiseau et les myriades d'insectes que la Nature a pareillement formés pour le vol. Nous ne voulons, bien entendu, qu'effleurer ce sujet inépuisable. En fait, l'observation nous montre que la Nature a mille moyens d'approprier aux mêmes fonctions, ou à des fonctions analogues, les organes construits sur les types les plus divers. La diversité des fonctions ou des influences extérieures ne suffit pas pour expliquer la diversité des organismes, et ne l'explique même nullement dans ce qu'elle a de plus caractéristique. D'où la nécessité pour nous de faire intervenir, dans le compte que nous nous rendons des œuvres de la Nature vivante, outre l'idée de finalité et d'harmonie entre les organes, les fonctions et les milieux, l'idée de type et de conditions typiques qui dominent même les conditions d'harmonie. Nous nous élevons ainsi jusqu'à la conception d'une anatomie supérieure, qui suit les modifications du type dans son appropriation aux aptitudes fonctionnelles, sans même avoir besoin de soulever la question éternellement pendante : celle de savoir si les modifications fonctionnelles ont pour cause déterminante une modification dans le type, ou si au contraire le type se modifie en vue de s'approprier à une modification fonctionnelle.

228. — L'idée de type (48 *et suiv.*) n'implique pas nécessairement (selon les prétentions, en cela trop ambitieuses, du vieux platonisme) celle de l'immutabilité et de l'éternité du type. Une planche s'use par le tirage, et les épreuves du dernier tirage, qui ne diffèrent pas sensiblement les unes des autres, diffèrent sensiblement des épreuves du premier tirage, en accusant par cela même l'altération ou la variation du type, d'un tirage à l'autre. On reconnaît même, à l'inspection d'une série d'épreuves, si la planche qui les a fournies se prêtait plus ou moins à l'altération et à l'usure, si elle était de bois, de cuivre ou d'acier. Rien ne répugne à ce que la Nature vivante présente quelque chose d'analogue quant aux types organiques; et l'observation seule peut nous apprendre si ces types sont absolument invariables d'un exemplaire à l'autre, toute compensation faite des modifications accidentelles, ou s'ils comportent des altérations qui finiraient par se manifester (quoique extrêmement lentes) et qu'il faudrait imputer, soit aux influences extérieures, soit même à une modification intime des causes, quelles qu'elles soient, qui impriment aux organismes leurs formes, et qui déterminent la reproduction des exemplaires de leurs types divers. En parlant de types organiques, les naturalistes veulent dire que l'on ne peut raisonnablement expliquer par la seule diversité des influences extérieures, par la seule nécessité des harmonies fonctionnelles, la diversité des organismes; et que le principe de l'organisation, quel qu'il soit, n'est pas seulement une aptitude générale à prendre les formes que les circonstances extérieures déterminent, mais

une tendance à la construction de tel organisme intrinsèquement déterminé quant à ses conditions fondamentales, sauf les modifications que peuvent lui imprimer les circonstances extérieures dans la limite de leur influence. Que si leur influence peut aller jusqu'à modifier le type ou la cause interne, et à constituer un caractère transmissible, capable de résister par sa vertu propre aux influences extérieures, ce qui était accidentel et adventice pour le premier individu soumis à l'influence, deviendra typique ou inné pour ceux qui en proviennent.

La fameuse question des *idées innées*, pour qui l'entend bien, n'est au fond qu'un cas particulier ou un appendice de cette autre question : faut-il admettre des types organiques? On croira volontiers que les impressions sensibles suffisent pour expliquer la nature de toutes nos idées, si l'on croit que les influences du dehors ont suffi pour déterminer et varier toutes les formes de l'organisme, c'est-à-dire si l'on n'est pas du tout naturaliste : sinon, il sera conséquent d'admettre une cause interne et native, qui fixe, dans ce qu'elles ont de fondamental, les formes de nos idées comme celles de nos organes, en ne laissant aux actions du dehors que le soin d'arrêter les formes dans leurs détails accidentels et accessoires.

229. — Comment pouvons-nous reconnaître la persistance d'un même type dont les pièces constituantes subissent, dans le passage d'une espèce à l'autre, d'un genre à l'autre, d'une classe à l'autre, les modifications les plus grandes, non-seulement quant aux fonctions, mais quant à la forme proprement dite, quant à la texture, quant aux proportions

relatives : telle pièce se soudant à une autre, ou prenant un développement exagéré, ou se réduisant par une sorte d'avortement auquel on a donné le nom spécial d'*arrêt de développement*, quelquefois même disparaissant tout-à-fait? C'est ici qu'intervient le principe des *connexions*, principe très-remarquable, à notre point de vue surtout, en ce qu'il nous montre comment, derrière la forme géométrique et sensible, notre raison saisit une forme purement intelligible, qui ne consiste plus que dans des rapports d'ordre et de nombres. Les pièces A, B, C, D, etc. changeront les unes après les autres, ensemble ou séparément, régulièrement ou irrégulièrement, dans tout ce qui constitue leurs caractères sensibles; de manière que, les uns après les autres, tous ces caractères sensibles pourront et devront être éliminés comme accidentels; tandis que les connexions de chaque pièce en particulier, ou ses rapports d'ordre avec les pièces adjacentes, subsisteront comme le caractère essentiel du type, et comme ce qui constate, aux yeux de la raison, d'après un faisceau d'inductions concluantes, la persistance de l'identité de la pièce, et même de la case vide qu'il faut concevoir à la place, dans le cas tout exceptionnel, tout anormal, d'une disparition totale par avortement complet. Tel est le principe, dit des connexions, dont nous n'avons pas, bien entendu, à discuter les applications, mais dont il nous est facile de saisir les prémisses logiques.

Ce principe et les inductions qui en légitiment l'emploi, pourraient résulter de la seule confrontation des types spécifiques arrivés à leur complet et régulier développement, sans aucune connaissance

des causes qui déterminent et des lois qui régissent les évolutions de l'organisme : mais le principe prend une tout autre portée, les inductions propres à établir l'identité des pièces organiques prennent une tout autre force, quand on peut suivre les transformations de l'organisme aux diverses époques de la vie embryonnaire, aux divers âges du fœtus, du jeune et de l'adulte; lorsque l'on peut se rendre compte des cas de monstruosité, par la persistance exceptionnelle de phases qui ne figurent que comme transitoires dans le cours du développement normal, et arriver enfin à reconnaître cette grande cause de diversité entre les types, à savoir que ce qui n'est pour l'un qu'une phase transitoire ou une anomalie monstrueuse, devient pour l'autre la forme définitive et normale.

Sur de pareilles données peut se fonder l'idée de l'*unité de composition organique*, ou d'un type commun, sinon à toute la série des organismes, du moins à une portion considérable du règne organique, par exemple à toute la série des animaux vertébrés. Et ce principe ne signifie pas seulement, bien entendu, que tous les vertébrés ont des caractères communs, puisqu'autrement on n'aurait pas songé à les grouper et à les désigner par une appellation générique, mais encore que le type de chaque espèce du groupe, malgré toutes les dissemblances qui tombent sous les sens, doit être conçu comme dérivant d'un type unique, de la manière qui vient d'être expliquée.

Le principe, ainsi entendu, doit-il être admis? faut-il le restreindre ou l'étendre davantage; rattacher, par exemple, à un type commun, non-seulement les nombreuses tribus de vertébrés, mais les tribus d'in-

sectes, bien plus nombreuses encore? Evidemment ces questions ne sont point de notre compétence, ne rentrent pas dans l'objet de ce livre qui ne roule que sur l'analyse des idées-maîtresses et sur leur rôle dans la coordination scientifique.

230. — L'idée d'un plan de composition organique, et même l'idée de l'unité de composition organique, généralisée autant qu'elle peut l'être, ne doivent pas se confondre avec cette vieille idée d'une *chaîne des êtres*, dont le naturaliste ne serait occupé qu'à retrouver et à remettre en place les chaînons dispersés : idée qu'avait suggérée la comparaison des fonctions plutôt que celle des organismes et des conditions typiques. Car, soit qu'on ait égard au perfectionnement des fonctions ou au développement organique des types, soit que l'on admette un seul type primitif ou plusieurs, le perfectionnement, le développement peuvent avoir lieu et ont effectivement lieu dans trop de sens divers, pour qu'on puisse exprimer les rapports des êtres organisés à l'aide d'une chaîne ou *série linéaire*, et même pour qu'on puisse en donner une expression graphique quelconque [1]. Mais, des fragments détachés de l'ensemble peuvent avoir des rapports que l'on exprime souvent d'une manière heureuse et suffisamment approchée, au moyen de chaînons parallèles ou divergents. En tout cas, l'idée d'un plan de composition organique reste tout-à-fait indépendante des moyens que nous pouvons avoir ou n'avoir pas, d'exprimer tout ou partie de ce plan par des signes sensibles.

---

[1] *Essai*....., chap. XVI.

D'ailleurs, cette idée nous reporte nécessairement vers la distinction capitale entre les lois et les faits dont le naturaliste s'occupe, entre les choses qui ont une raison théorique et celles qui ne s'expliquent qu'historiquement (217 *et suiv.*). Concevons en effet qu'après avoir observé divers types, tels que la Nature nous les offre, à leur état de dispersion ou de cantonnement géographique, on vienne à les confronter, à les rapprocher, soit dans nos collections, soit dans nos livres, et que ce rapprochement montre tous les caractères d'un enchaînement systématique ou théorique : nous en conclurons que le fait de la dispersion ou du cantonnement géographique est accidentel; qu'antérieurement aux évènements historiques dont le cours a amené la dispersion ou le cantonnement des variétés typiques, il y avait dans la pensée de l'ouvrier divin un plan ou un *schème* des organismes possibles ; et que l'objet essentiel des travaux du naturaliste doit être de construire ou de reconstruire ce schème, sans attacher grande importance aux accidents particuliers, historiques et locaux, qui ont amené, ici et à telle époque, la réalisation de telle variété typique, là et à telle autre époque, la réalisation de telle autre variété. Si, au contraire, le rapprochement des divers types ne met pas en évidence une gradation régulière, une ordonnance systématique, il y aura lieu d'en conclure que les diversités sont dues à des causes accidentelles, à des faits historiques plutôt qu'à des raisons théoriques : auquel cas le point qui devra attirer de préférence l'attention du naturaliste, sera précisément le fait de la distribution ou du cantonnement géographique. Or, l'on conçoit

d'abord et l'observation confirme que les deux cas peuvent se présenter, tant dans ce qu'ils ont d'extrême et de saillant pour tout le monde, que dans les nuances intermédiaires et plus ou moins indécises, qui permettent des jugements divers, avec des probabilités variables et diversement appréciées (64). Sur ce point notamment, l'on se rend bien compte de la difficulté d'établir une démarcation précise entre les sciences naturelles et l'histoire naturelle proprement dite.

231. — Lorsque le statisticien accumule des faits particuliers, pour construire, par exemple, la table qui exprime la loi de mortalité de l'espèce humaine, il n'attache à chacun de ces faits isolés aucune importance scientifique : peu lui importe où et comment se sont effectuées les combinaisons dont la comparaison lui donne le chiffre de mortalité pour un âge déterminé. Le but qu'il poursuit, but purement théorique et nullement historique, est seulement de dresser le tableau où sont indiquées toutes les combinaisons possibles, avec leur fréquence relative. Il y a une grande différence entre ce cas et celui qui nous occupe. D'abord, nous ne sommes nullement autorisés à affirmer que la force des choses a dû amener la réalisation de toutes les combinaisons typiques possibles, et la manifestation de la formule générale des types organiques, de même qu'elle amène, après quelques milliers d'épreuves, la manifestation d'une formule de statistique. Si variées qu'aient été les circonstances qui ont influé sur la détermination des types organiques, elles n'ont pas dû l'être encore assez pour que tout ce qui était réalisable se réalisât, et pour qu'on pût arriver à une formule théorique,

entièrement dégagée de l'influence des faits accidentels, des combinaisons fortuites ou de la donnée historique. D'un autre côté, autant les faits particuliers que la statistique ordinaire enregistre sont passagers de leur nature et ont par eux-mêmes peu d'intérêt historique, autant l'intérêt s'attache à la recherche ou au moins (quand la recherche est impossible) à la divination des causes historiques qui ont pu déterminer, pour de si longs périodes de siècles, les diversités secondaires des types organiques et leur distribution sur le globe. Par tous ces côtés, l'histoire naturelle ressemble beaucoup à l'histoire des sociétés humaines. Il n'y a que la grande multiplicité des faits indépendants les uns des autres, et pour ainsi dire leur émiettement moléculaire qui puissent ramener, par un de ces retours dont nous avons déjà indiqué le principe (212), la prédominance de la donnée rationnelle, théorique ou proprement scientifique. Voilà ce que la suite mettra de plus en plus en lumière.

232. — Il est évident que les plus profondes divisions, les traits fondamentaux des principales formes organiques ne sauraient dépendre des influences extérieures, des accidents locaux, et de l'enchaînement historique des causes qui ont progressivement préparé l'ordre actuel. Ce ne sont pas des influences extérieures, des accidents locaux, des particularités généalogiques qui ont déterminé ces grandes coupes du règne organique que l'on trouve représentées, partout où la nature des milieux n'y répugne pas absolument. Il y a partout des animaux et des plantes; des vertébrés et des insectes; des mammifères, des oiseaux, des reptiles, des poissons; des carnassiers, des rumi-

nants et des rongeurs : il faut donc que ces grandes coupes répondent à une donnée théorique; qu'elles tiennent à une pensée, à un plan supérieur aux circonstances historiques qui ont amené sur notre globe la dispersion des espèces. On ne saurait rapporter, ni à un accident historique, ni même aux exigences des harmonies fonctionnelles, une donnée scientifique aussi considérable que celle qui constate sur tant de points éloignés les uns des autres, à travers des transformations si variées, dans un groupe aussi nombreux que celui des animaux vertébrés, une identité de plan qui ne porte pas seulement sur les traits généraux, mais sur l'individualité, le nombre, les connexions des pièces organiques. Il faut qu'en établissant le type des animaux vertébrés, nous ayons effectivement saisi une idée ou une loi formelle de la Nature, à laquelle les faits, dans leur enchaînement historique, étaient tenus d'obéir. Au contraire, la circonstance (218) que tous les singes à trente-deux dents se trouvent cantonnés dans l'Ancien Continent et tous les singes à trente-six dents dans le Nouveau, circonstance à laquelle il semble difficile d'assigner d'autre cause qu'un accident historique, nous donnera des motifs de penser que la subdivision du type des singes en deux sous-types, à trente-deux et à trente-six dents, n'est pas un des détails théoriquement essentiels dans le plan des organismes. L'étude de la distribution actuelle des types organiques, ou de la succession des types dans la série des âges, peut ainsi fournir un critère pour la restitution purement théorique du plan même des organismes (186).

CHAPITRE IV.

DE L'IDÉE DE FORCE DANS SON APPLICATION AUX PHÉNOMÈNES DE LA VIE.— DU MODE ET DES CONDITIONS DE L'ACTION VITALE.

233. — Tout en reconnaissant que le principe de la vie et de l'organisation est essentiellement distinct des forces auxquelles nous rapportons la production des phénomènes du monde inorganique, on a été conduit à lui donner aussi le nom de *force*, pour marquer son activité et sa vertu opérative, au risque d'obscurcir encore une région déjà ténébreuse, et d'amener la confusion des idées par la confusion des mots. Tâchons d'y remédier, si c'est possible, par la clarté des exemples.

Le propre de la vie est d'établir entre les parties de l'être vivant une solidarité, un *consensus* de réactions harmoniques qui mettent en jeu des forces physiques destinées à rester latentes et inefficaces, sans l'influence de ce principe d'unité harmonique, de direction commune et de solidarité. Voyez ce grand corps, vivant à sa manière, qu'on appelle une armée : les soldats s'animent les uns les autres dans la marche et dans les combats ; à la faveur d'une organisation savante où chacun a sa place, la pensée d'un seul homme gouverne ce grand corps ; le courage d'un seul homme devient, en se modifiant selon les rôles, le courage de tous. Par l'empire qu'il a sur l'intelligence et sur le bras du soldat, le chef gouverne encore tout cet im-

mense attirail qu'on appelle aujourd'hui le matériel d'une armée; il fait concourir à la réalisation de ses plans l'instinct du coursier belliqueux, les efforts de l'animal de trait, la puissance physique des machines de guerre, en un mot toutes les énergies vitales, à quelque degré d'élévation ou d'abaissement qu'elles se trouvent, et toutes les forces inhérentes à la matière brute. Frappez le chef, détruisez ou énervez le principe qui vivifie le corps, et vous aurez ce qu'on nomme une armée démoralisée, qui bientôt va devenir une armée en dissolution, quoique la structure de l'armée, sa distributiou en divisions, en brigades, en régiments, en compagnies, en corps des différentes armes, continue de subsister pour quelque temps encore. Comment ne pas reconnaître dans ce tableau l'image aussi fidèle que possible de l'organisme vivant, de la double nécessité d'un principe vivifiant et d'une structure organique appropriée, du mode d'action ou de force qui appartient au principe vivifiant, de la manière dont l'organisme vivant se conserve ou se dissout, dans le conflit avec les forces générales de la Nature? De la même manière donc que l'homme a imité la Nature dans la construction de ses engins mécaniques, de ses appareils d'optique, de ses ustensiles de chimie (145), de même qu'il imite, sans s'en douter, la Nature vivante dans l'installation de ses usines, dans les procédés généraux dont il fait usage pour le perfectionnement de son industrie (224), il l'imite encore, par instinct ou par réflexion, lorsque, dans des besoins d'agression ou de défense, il s'agit de donner l'organisation et la vie à un corps dont la force surpasse incomparablement sa force individuelle.

234. — Dans l'habile organisation de nos armées modernes, le chef suprême dirige et maîtrise tout, mais non sans une foule d'intermédiaires. Si la confiance dans le génie et la fortune du général en chef électrise souvent une armée tout entière, l'action du colonel qui enlève son régiment mérite aussi d'être remarquée : c'est encore ainsi que dans l'organisme il y a pour l'action vitale des centres locaux, en sympathie entre eux, et d'autant mieux subordonnés à un centre dominant, que l'organisation est plus perfectionnée. Que si nous modifions un peu les termes de notre exemple, en substituant à une armée européenne des temps modernes une troupe de barbares, organisée aussi à sa manière, quoique plus grossièrement, avec moins de spécialité dans les rôles des chefs et des soldats, l'exemple nous aidera encore à comprendre de quelle manière la Nature opère dans ces organismes vivants où la spécialité des fonctions est moindre et leur centralisation moins bien accusée; où la vie répandue partout opère partout d'une manière plus uniforme.

Même pour l'armée la mieux organisée, il serait faux de dire d'une manière trop absolue que le chef est l'âme ou la vie de l'armée. Le moral de l'armée peut être énervé ou tué, l'armée peut tomber en dissolution par des causes indépendantes du courage et de la capacité du chef; et si Machiavel a dit qu'une armée de moutons commandée par un lion vaut mieux qu'une armée de lions commandée par un mouton, il ne faut pas prendre l'hyperbole à la lettre. On est bien plus sûr de tuer promptement son homme en lui logeant une balle dans le cerveau ou dans le cœur;

mais cet homme peut aussi périr par la gangrène des membres quand le cerveau et le cœur sont encore intacts. Si donc on demandait où réside le principe vital dans ce corps vivant qu'on appelle une armée, il faudrait dire qu'il est partout, opérant diversement, et qu'on ne peut le localiser précisément nulle part. Objecterait-on que l'exemple pèche en ce qu'il s'agit d'un corps dont les membres sont essentiellement isolés les uns des autres? Mais ces mêmes parties qui, dans l'animal tout formé, s'articulent et se relient comme un tout continu, existaient séparées et déjà vivantes, dans la formation par *épigénèse*, lors des premières phases de la vie embryonnaire; elles tendaient dès lors à se coordonner, à se rejoindre, à se souder. Or, peut-on dire quelle était la monade dominante, où était le siége du principe qui vivifiait le tout, et qui dès lors préparait l'association harmonique des parties? Il faut donc reconnaître que l'idée de force vitale diffère essentiellement de l'idée que nous avons de la force mécanique, non-seulement en ce que les idées d'orientation et de mesure précise ne s'y joignent pas, non plus qu'à l'idée de l'affinité chimique (139), mais encore en ce que la force vitale ne peut pas être conçue, à la manière des forces mécaniques et chimiques, comme ayant un siége déterminé, ou comme adhérant à une molécule matérielle déterminée.

235. — Ici encore notre exemple est topique. L'armée fait des pertes comme tout corps vivant, et elle les répare, parce que, tant que le principe de vie l'anime, l'énergie vitale passe effectivement de l'élément sortant à l'élément rentrant. Si j'embauche des

ouvriers moissonneurs, terrassiers, maçons, imprimeurs, ils seront sur mon champ, dans mon chantier, dans mon atelier, ce qu'ils étaient avant d'y venir, ce qu'ils seront quand ils me quitteront pour aller chez un autre : tandis que le soldat d'aujourd'hui, qui était un paysan avant l'enrôlement, et qui redeviendra un paysan après sa libération, a effectivement contracté sous le drapeau, en face de l'ennemi, les vertus qui le distinguent et qu'il perdra en quittant le drapeau. Le même contraste existe entre le renouvellement des gouttes d'eau d'un lac qui regagne par les pluies ce qu'il a perdu par l'évaporation, et le renouvellement matériel du corps vivant par la succession des particules matérielles que l'organisme rejette et qu'il s'assimile. Les gouttes de pluie portent avec elles, en tombant dans le lac, les propriétés, les forces physiques qui leur étaient inhérentes, sans en acquérir d'autres, et de même pour celles que l'évaporation enlève : mais les molécules alibiles privées de vie s'imprègnent effectivement de la force vitale et du principe de vie par le fait même de leur assimilation au corps vivant. Il n'y a dans les données de la pure physique, telles que notre esprit les conçoit, rien qui puisse expliquer un semblable phénomène.

236. — Déjà ces remarques suffisent pour constater une différence de nature entre les actions vitales et les forces purement physiques : et pourtant les unes et les autres entrent simultanément en jeu. Nous ne sommes même avertis (indépendamment des phénomènes qui se passent dans notre propre conscience) de la présence d'un principe de vie qu'au moyen des phénomènes physiques par lesquels il manifeste exté-

rieurement son action. C'est donc, à ce qu'il semble, le lieu d'examiner comment nous pouvons nous rendre compte du concours du principe vital et des forces physiques, en nous aidant, selon notre usage, des exemples les plus propres à éclairer la question.

Considérons un navire dont le vent enfle les voiles, et que les manœuvres de l'équipage dirigent vers un lieu déterminé. Les gens de l'équipage ont besoin sans doute de faire une dépense de forces physiques pour peser sur la barre, pour orienter les voiles, les déployer ou les carguer selon les occurrences, pour abattre ou redresser les mâts, en un mot pour faire toutes les manœuvres que réclament la direction et la force des courants, tant marins qu'atmosphériques. Il n'en reste pas moins vrai que la dépense de forces physiques, faite par l'équipage, est sans proportion aucune avec la dépense de force motrice qu'exige le transport de la masse du navire, du lieu de départ au lieu d'arrivée. L'homme, par son industrie, tire cette force motrice des éléments mêmes; il la maîtrise et la dirige; et, tandis que, sur le navire à rames, il tirait de son propre fonds la force motrice, grâce à l'invention de la voilure et des manœuvres, il n'y puise plus que ce qu'il faut pour agir comme puissance directrice. Vienne l'invention de la machine à vapeur, et quelques mécaniciens ou chauffeurs remplaceront, avec bien moins de fatigue de bras encore, le service des matelots.

Rien n'empêche de concevoir (en théorie du moins) que le travail physique qu'exige toujours, de la part de l'homme, la machine actuellement la plus perfectionnée, soit emprunté aux forces aveugles de la Na-

ture à l'aide d'un mécanisme plus parfait encore, de manière à atténuer indéfiniment la part du travail physique imposé à l'homme, et à accroître sa puissance comme maître et directeur des forces naturelles. Ce n'est plus sur un vaisseau, mais bien dans une usine à installation fixe qu'il faut se placer, pour étudier le progrès continuel et en quelque sorte indéfini de cette substitution du travail des forces naturelles, dirigées seulement par l'homme, au travail physique de l'homme.

237. — Pour soulever des quartiers de rochers, pour fouiller et percer des montagnes, l'homme a besoin de déployer une force mécanique énorme : il la trouve dans la subite expansion des gaz que développe en brûlant un mélange de salpêtre, de soufre et de charbon pulvérisés. La pulvérisation de ces matières exigeait une dépense de force mécanique, sans rapport, il est vrai, avec celle que l'inflammation de la poudre doit déployer (150), mais enfin elle en exigeait une : un courant d'eau l'a fournie. Pour se procurer l'étincelle qui mettra le feu aux paquets de poudre et fera sauter le rocher, le sauvage serait obligé de frotter longtemps, avec grande fatigue, deux morceaux de bois dur : un premier progrès dans les arts donnerait le morceau de fer forgé avec lequel il suffit d'une rapide percussion pour tirer l'étincelle d'un caillou ; plus tard, la physique enseignera à concentrer dans le même but, à l'aide d'une lentille de verre, l'un des rayons que le soleil nous envoie, et la chimie produira des mélanges explosifs dont la détonation n'exige que le frôlement d'une plume ou la présence de la lumière diffuse.

Ainsi, nous ne manquons pas de termes de compa-

raison qui puissent nous aider à comprendre comment le principe de la vie et de l'organisation pourrait intervenir et agir, non à la manière des forces physiques, non en ajoutant son action aux leurs ou en les neutralisant par une action contraire du même genre, mais en leur imprimant une direction appropriée. Ce que l'homme fait par combinaisons réfléchies, l'énergie vitale le ferait spontanément, sans conscience d'elle-même, bien plus sûrement et avec un artifice infiniment plus merveilleux : grand mystère sans doute, mais qui n'est pas précisément celui qu'il s'agit de sonder pour l'instant, la question n'étant que de savoir en quel sens il faut entendre l'expression de forces vitales. Or, dans le sens que ces comparaisons nous indiquent, la conciliation des deux écoles physiologiques toujours en présence s'offre d'elle-même : il serait également vrai de dire avec les vitalistes que l'intervention d'un principe spécial est nécessaire pour diriger les forces physiques dans le sens qu'exigent la formation de l'organisme et l'accomplissement des fonctions de la vie; et avec les adversaires des vitalistes, que l'hypothèse de forces vitales (concourant avec les forces physiques et à leur manière, fournissant de même leur contingent dans la dépense d'unités dynamiques (86, 147 *et suiv.*) que requièrent les fonctions de la vie) est une hypothèse gratuite et mal fondée.

238. — A la vérité, nous voyons que quand l'homme, par son industrie, force la Nature à travailler pour lui, il parvient bien à économiser de plus en plus, à réduire à presque rien sa propre dépense de forces comme agent physique, mais non pas à la

supprimer tout-à-fait, dans un sens mathématique et rigoureux. Il lui suffira, pour renverser une montagne, du frôlement d'une barbe de plume, ou du rapprochement des deux bouts d'un fil voltaïque : à la bonne heure; toujours faudra-t-il qu'il dépense la force nécessaire pour promener la plume ou amener au contact les deux bouts du fil. Certains adversaires de Descartes disaient qu'il avait fait un Monde où Dieu n'intervenait plus que pour donner une chiquenaude : c'est cette chiquenaude que l'homme est encore tenu de donner pour mettre en branle les forces naturelles, après qu'il a, par sa science et par son génie, disposé toutes choses de manière à se les asservir le plus complètement et à en tirer le plus grand parti possible. Donc, puisque nous nous fondons sur une telle analogie, il faudrait toujours admettre que le principe de vie, outre la puissance de direction dont on le supposerait doué, interviendrait à un degré quelconque, si minime qu'il fût, par une action du même genre que celle qui compète aux forces physiques. Or, la raison a peine à admettre, dans un principe simple et *sui generis*, comme doit l'être apparemment le principe de la vie, cette double manière d'agir, l'une qui lui serait propre, l'autre qui lui serait commune avec les forces physiques, d'un ordre essentiellement différent.

Il y a à cette difficulté grave deux solutions (du genre de celles, bien entendu, auxquelles l'esprit humain est autorisé à prétendre en pareille matière), la première que l'on peut appeler logique, la seconde que l'on peut appeler métaphysique.

239. — La solution logique est celle-ci : Toutes

les fois que, dans nos raisonnements, nous sommes conduits à considérer une grandeur comme devant décroître de plus en plus et tomber au-dessous de tout degré de petitesse assignable, sans pourtant pouvoir démontrer directement que la grandeur finit par s'annuler rigoureusement, nous sommes fondés à croire que l'absence d'une preuve directe de l'évanouissement rigoureux, tient à l'imperfection des procédés logiques dont notre esprit dispose, ou à ce que nous n'avons pas encore trouvé le moyen d'en tirer tout le parti possible. L'échaffaudage du calcul infinitésimal a changé la face des mathématiques et immensément accru le champ de leurs applications, précisément parce qu'il a fourni les moyens de substituer des raisonnements et des calculs directs à des raisonnements et à des calculs indirects, fondés sur le décroissement progressif de certaines grandeurs, au-dessous de toute limite assignable (56).

Prenons un exemple plus simple. Zénon prétendait prouver que les idées que nous nous faisons du mouvement sont fausses et que par conséquent le mouvement n'est qu'une illusion. Car, si l'on suppose deux mobiles A et B courant l'un après l'autre, celui-ci qui a l'avance (un kilomètre par exemple), courant dix fois moins vite, le bon sens semble indiquer que A finira par atteindre B, et pourtant le raisonnement prouve ou semble prouver qu'il ne l'atteindra jamais. En effet, pendant que A avancera d'un kilomètre, B avancera de cent mètres, et l'intervalle sera encore de cent mètres; au bout du temps que A mettra à décrire ces cent mètres, l'intervalle sera réduit à dix mètres, puis à un mètre, puis à un dixième, à un

centième, à un millième de mètre, sans jamais devenir nul, quoiqu'il puisse devenir plus petit que la plus petite fraction de mètre qu'il plaira d'assigner. Voilà le sophisme dialectique de Zénon, à quoi les mathématiques répondent facilement, en indiquant un autre tour de raisonnement *direct*, duquel il résulte que le premier mobile atteindra l'autre quand celui-ci aura décrit un neuvième et le premier dix neuvièmes de kilomètre. Il suffit d'ailleurs de savoir convertir une fraction ordinaire en décimales (41), pour reconnaître que ce neuvième de kilomètre a pour expression décimale 111^{m}, 111..... c'est-à-dire précisément cette série de termes indéfiniment décroissants que Zénon trouvait par son raisonnement indirect : série qui ne s'arrête jamais, et qui n'en représente pas moins, par la somme de ses termes en nombre illimité, une grandeur finie et déterminée, ce que Zénon ignorait ou feignait d'ignorer.

Les ennemis de *M. Descartes* n'avaient donc pas tout-à-fait tort de se méfier d'un système où l'intervention d'une cause motrice, extérieure au Monde, n'était fondée que sur le besoin d'une chiquenaude, d'une première impulsion, si faible qu'elle fût : car, apparemment, ce *desideratum* ne devait tenir qu'à une défectuosité de notre logique qui attaquait la question par des voies détournées, faute d'avoir sur cette question une prise directe.

Et de même, dans la question qui nous occupe, on pourrait dire que ce raisonnement indirect, duquel il résulte que l'intervention du principe vital comme force physique peut être atténuée autant que l'on veut, équivaut au fond, pour qui sait l'interpréter

d'après toutes les analogies, à quelque raisonnement direct qui nous échappe, faute de données convenables ou de moyens convenables de les mettre en œuvre, et duquel il résulterait que cette part concomitante peut et doit être supposée rigoureusement nulle.

240. — L'autre réponse se tire de l'imperfection même de la comparaison à laquelle nous sommes forcés d'avoir recours, pour nous faire une notion telle quelle du mode d'intervention du principe vital. L'homme agit sur les forces physiques telles que le vent et la vapeur, à l'aide de certains appareils mécaniques; puis, pour restreindre davantage sa propre dépense de force, et mieux rester dans son rôle de puissance directrice, il fait mouvoir ces appareils par d'autres forces sur lesquelles il agit par d'autres engins, et ainsi de suite : agglomérant et soudant les mécanismes les uns aux autres; procédant à cette œuvre de combinaison réfléchie par voie de composition ou de juxtaposition, qui est celle que la Nature suit pour la structure des agrégats matériels que la vie ne pénètre pas. Tout autre est sa marche quand il s'agit de l'organisme des êtres vivants (207). Ici elle procède par développement interne et intussusception. La plus petite partie de l'être organisé peut offrir déjà un rudiment d'organisme; ou du moins, pour être autorisé à le nier, il faudrait entrer en plein dans l'atomisme dogmatique, il faudrait pouvoir saisir l'essence de la matière, que nous ne pouvons pas plus saisir que l'essence de l'organisme (166). Et si nous n'avons aucune prise sur l'organisme *à l'état naissant* (pour nous servir de la locution des chimistes), com-

ment serions-nous en droit d'affirmer qu'il faut une dépense infinitésimale de force physique pour déterminer cette première naissance de l'organisme? Il suffit cependant du premier rudiment d'organisme et de la première mise en jeu de l'action vitale, pour que, dans tous les développements ultérieurs, notre entendement conçoive très-bien l'intervention de l'action vitale comme cause purement coordinatrice et directrice des forces physiques proprement dites.

241. — On entend répéter tous les jours, et avec raison, que le moral double les forces. L'excitation de l'exemple, la perspective d'un honneur, d'un avancement, de la gloire, l'amour de la science, celui de l'humanité, la vue du péril de nos proches ou de notre propre péril, nous font trouver, pour l'accomplissement d'uu acte physique, des forces dont on ne nous aurait pas crus, dont nous ne nous serions pas crus capables, et dont nous ne serions pas capables en effet sans cette excitation morale. Est-ce à dire que l'excitation morale crée une force musculaire qui n'existait pas? Non, mais elle met en branle, par suite de rapports dont nous n'avons qu'une très-imparfaite idée, une force musculaire qui, autrement, n'aurait pas trouvé l'occasion de se déployer. Elle agit comme cet ouvrier qui incline la mèche vers la traînée de poudre et par là fait sauter la montagne. De cet exemple, pris dans les régions les plus élevées des phénomènes de la vie, descendons à d'autres, empruntés aux phénomènes les plus généraux et les moins complexes. S'il en faut croire certaines expériences physiologiques, uu faisceau de fibres organisées, tant que la vie le pénètre, supporte sans se

rompre, une traction suffisante pour déterminer la rupture, quand la vie l'a abandonné. Cela signifie-t-il nécessairement que les forces mises en jeu pour empêcher la rupture, sont dans un cas des forces purement physiques, et dans l'autre cas ces mêmes forces auxquelles viennent s'ajouter des forces d'une autre nature qui disparaissent avec la vie? Nullement : car, on peut tout aussi bien concevoir, et selon nous, il est bien plus philosophique d'admettre que l'influence de la vie, la sensibilité ou l'irritabilité des tissus déterminent momentanément le développement de nouvelles forces physiques, et par exemple suscitent des courants électriques, dont l'action passagère (ainsi que la disposition organique qui la produit) s'ajoute aux actions qu'exercent et que continuent d'exercer après la mort, des forces physiques d'une autre catégorie, telles que celles auxquelles nous donnons spécialement le nom d'attractions moléculaires. Une matière animale, dont l'action vitale prévient la décomposition, se décompose par le jeu des affinités chimiques dès que la vie s'en est retirée; l'acide qui coagule le sang sorti de la veine, ne produit point cet effet tant qu'il est entraîné avec le sang dans le torrent de la circulation : en conclurons-nous que la vie agit à la manière des affinités chimiques, pour les neutraliser temporairement, comme les réactions basiques neutralisent les réactions acides, tant que la base et l'acide sont en présence? Non, nous aimerons bien mieux nous rendre compte du phénomène, en admettant que l'action dirigeante du principe vital met en jeu des courants ou d'autres forces chimiques, capables de neutraliser temporairement

les affinités qui tendent à la décomposition de la matière organique, ou les forces moléculaires qui opéreraient, en l'absence de cette entrave, la coagulation du sang.

242. — Peut-être la distinction paraîtra-t-elle subtile ou nuageuse aux lecteurs peu versés dans les sciences physiques : nous espérons que les physiciens et les chimistes, s'il s'en trouve qui veuillent nous lire, en saisiront vite le sens et la portée. Bien mieux, la question est de celles qui de leur nature comportent, et qui de fait pourront recevoir un jour une solution positive et vraiment scientifique. En effet, nous savons que certaines lois président au déploiement des forces physiques et à leur conversion les unes dans les autres (livre II, chap. VII) : l'application de ces lois doit se retrouver et certainement se retrouve, soit qu'il s'agisse de phénomènes physiques qui se passent sans l'interventiou de l'homme, quoique sous ses regards, soit qu'il s'agisse au contraire des phénomènes qui ont lieu dans un appareil physique, dans une machine dont l'industrie de l'homme règle, surveille, gouverne les mouvements, le jeu et l'action. Si donc la science expérimentale devenait assez avancée pour qu'on pût observer, mesurer, comparer tous les effets mécaniques, thermométriques, électriques, chimiques, qui se produisent à la fois dans la machine vivante, pour l'accomplissement des fonctions de la vie, on verrait bien si tout cela est conforme à ce qui se passe dans la machine physique que l'homme gouverne, auquel cas la raison en conclurait que le principe vital n'intervient lui-même que par son action directrice; ou bien l'on constaterait des diffé-

rences qui ne pourraient raisonnablement s'expliquer qu'autant qu'on admettrait que les puissances vitales ne se bornent pas à imprimer une direction aux forces physiques, et qu'elles sont elles-mêmes une cause productrice de force physique.

243. — Nous avons vu plus haut (110) ce qu'on entend en mécanique ordinaire par le principe de la réaction corrélative à l'action. Ce principe est certainement un de ceux qui appartiennent à cette dynamique supérieure, dont Leibnitz concevait l'idée, et qui sert à expliquer les phénomènes les plus délicats de l'organisme, aussi bien que les mouvements des corps inertes [1]. Les physiologistes, les médecins ne parlent-ils pas sans cesse d'action et de réaction? Ne dit-on pas tous les jours en médecine, comme on le dit en physique, et comme on le dit aussi en morale, en politique, que toute action entraîne une réaction? Or, si l'adage s'applique en physiologie comme en physique, à propos du jeu des forces vitales comme à propos du jeu des forces mécaniques, il est conforme à toute analogie qu'il s'applique aussi à propos du conflit entre les forces vitales et les agents physiques ou mécaniques. Nous avons été conduits à attribuer au principe des phénomènes de la vie une influence et une action dirigeante à l'égard des forces physiques : la réciprocité, la réaction ou l'action corrélative doit consister et consiste dans la propriété qu'ont les agents physiques de provoquer, d'exciter, de stimuler par leur influence l'énergie des forces vitales. Tous ces termes ont en physiologie, en méde-

[1] *Essai*....., chap. XI, n° 154.

cine, un sens dont chacun se rend compte. Ni le médecin, ni même l'homme du monde ne confondront la manière d'agir du contre-poison (qui va neutraliser dans l'estomac, comme il le ferait dans une cornue, la substance vénéneuse introduite, en formant avec elle une combinaison chimique qui n'a rien de nuisible) et la manière d'agir du tonique ou du stimulant qui va provoquer une réaction vitale dans l'organisme tout entier ou dans tel appareil organique; qui, par exemple, excitera l'estomac à faire un effort pour rejeter le médicament introduit et en même temps la substance vénéneuse.

244. — Déjà nous avons remarqué (180) qu'on ne pourrait employer convenablement de telles expressions, à propos d'actions et de réactions entre des agents purement physiques. Par exemple, on met dans un ballon de verre un mélange de chlore et d'hydrogène à l'état sec et gazeux, puis on expose le ballon à un rayon solaire, et soudain les deux gaz se combinent avec explosion pour former le composé que l'on nomme aujourd'hui acide chlorhydrique; il faut dire que l'action du rayon solaire détermine la combinaison et non pas qu'elle l'excite : car, de quelque manière que la lumière agisse en cette circonstance (ce que nous ignorons absolument) nous n'admettons pas qu'elle puisse communiquer à la matière des aptitudes nouvelles, ni altérer les forces indestructibles et inépuisables, toujours inhérentes aux particules de la matière inorganique. L'influence de la lumière solaire doit se borner à placer les particules gazeuses dans une situation, dans des conditions où les tendances chimiques toujours subsistantes, et qui

jusques-là n'étaient pas capables d'opérer une combinaison soudaine, deviennent capables d'opérer cette combinaison. La permanence des tendances chimiques fait qu'elles ne peuvent être stimulées ou engourdies, bien qu'on puisse, par une application convenable des agents extérieurs, en seconder ou en contrarier les effets.

Au contraire, quand nous voyons à chaque printemps l'influence de la lumière et de la chaleur solaires ramener la végétation, nous disons de ces agents physiques qu'ils excitent, qu'ils stimulent, qu'ils exaltent la vie des plantes (des unes beaucoup plus et beaucoup plus tôt que des autres, malgré la grande ressemblance des conditions physiques), et non qu'ils déterminent les évolutions vitales. Car, il faudrait renverser tout le système de nos idées pour nous empêcher d'admettre que le principe vraiment opérateur et actif réside dans la plante même, quoiqu'il attende pour agir d'être sollicité par les influences extérieures qui l'avertissent (s'il est permis d'employer, faute d'autres, cette expression métaphorique) que le temps d'agir est venu et que les circonstances sont propices. Pourquoi, au moment du réveil de l'énergie vitale et plastique, cette production luxuriante qui fait que le bourgeon pousse en quelques jours de printemps plus qu'il ne poussera pendant tous les mois d'été? La raison n'en peut pas être dans le changement des conditions physiques de température et d'insolation, mais dans le repos hibernal antécédent, qui a réparé des forces vitales fatiguées, et leur a permis de se déployer avec un surcroît momentané d'énergie.

245. — Si l'on trouvait que le contraste n'est pas encore assez sensible, il n'y aurait qu'à monter de quelques degrés dans l'échelle des organismes. Voyez ces tribus d'oiseaux qui, au moment du réveil des plantes, se réveillent aussi et sont de toutes parts occupés à la construction des frêles et gracieux édifices qui doivent servir de berceaux à leur progéniture : peut-il venir en pensée que les influences physiques de température et d'insolation interviennent comme forces principales ou déterminantes, et non pas seulement comme une cause d'excitation des forces vitales et internes auxquelles il convient de rapporter la production de ces merveilleux phénomènes ?

Elevons-nous encore davantage en suivant l'échelle des phénomènes vitaux : ce que nous désignons par les termes vagues d'excitation, d'irritation (faute de trouver dans notre entendement une représentation nette de ce que nous ne pouvons saisir, ni par les sens externes, ni par le sens intime) deviendra la sensation proprement dite; et plus cette sensation dépouillera, pour l'animal des classes supérieures, ses qualités affectives, en acquérant par compensation la vertu d'engendrer une perception plus distincte et plus claire, plus aussi il deviendra manifeste que l'influence extérieure n'est que l'occasion, la condition du déploiement d'une force dont le principe est intérieur. La vue d'une étoffe rouge excite le taureau, et déjà l'on comprend bien que l'action du rayon rouge sur la rétine de l'animal ne fait que provoquer la commotion nerveuse et l'accès de fureur qui en est la suite : mais, quand la vue d'un morceau de chair sanglante, sans exciter chez l'animal carnassier d'agi-

tation passionnée, l'avertit seulement qu'il y a là une proie à saisir, et lui fait exécuter les mouvements nécessaires pour s'en emparer, la distinction entre l'influence externe qui provoque, et la force interne qui opère, devient aussi évidente que possible.

Les actes que l'être vivant accomplit, en vertu des forces vitales, internes ou *instinctives*, nous semblent marqués du caractère de *spontanéité*, d'autant plus que la cause externe et provocatrice nous paraît avoir en soi moins d'intensité. L'acte rigoureusement spontané serait celui qui s'accomplirait en l'absence de toute influence externe et provocatrice, par les seules conséquences de la nature de l'être vivant, par la seule énergie des forces qui lui communiquent le mouvement et la vie. Nous ne connaissons pas assez cette dynamique supérieure dont il était question tout-à-l'heure, et la raison profonde de la réciprocité entre la réaction et l'action, pour oser affirmer qu'il n'y a rien qui répugne à la possibilité d'un acte spontané, de cette spontanéité rigoureuse, absolue, et en quelque sorte mathématique. Mais, peu importe au fond la solution donnée à ces questions subtiles : il suffit que l'observation constate bien que dans une foule de cas le peu d'énergie des influences externes les rend comme insensibles, les efface à nos yeux, tandis que l'acte que pour cette raison nous qualifions de spontané, frappe nos sens et opère au dehors des effets souvent considérables, et assurément sans aucune proportion avec les causes physiques dont on pourrait admettre que l'action sur l'organisme a primitivement stimulé l'instinct ou excité le déploiement des forces vitales.

246. — Il faut signaler ici un autre caractère général des manifestations de la vie, celui d'être soumises à l'influence de l'*habitude*. On a dit que l'habitude est une seconde nature, et jusqu'à un certain point l'on pourrait dire aussi que la nature d'un être vivant n'est qu'une habitude congéniale et héréditaire. Rien de semblable à l'habitude ne se remarque dans l'ordre des phénomènes purement physiques : les flots qui charrient un bloc de pierre peuvent en diminuer la masse, en arrondir les angles, mais le bloc n'en acquerra pas une plus grande aptitude à se mouvoir, en ce sens qu'il faudra toujours la même dépense de force pour imprimer la même vitesse à chaque kilogramme de pierre dont le bloc se compose. On pourra répéter indéfiniment la combinaison et la dissociation d'un acide et d'une base, sans que l'acide et la base en acquièrent plus d'aptitude à se combiner ou à se dissocier de nouveau. Au contraire, dans tous les phénomènes de la vie, il y a une tendance manifeste à l'imitation, à la répétition des mêmes actes. A cette tendance semblent se rattacher la reproduction des variétés individuelles dans le cours des générations successives, la consolidation progressive des caractères de race, et peut-être même des caractères spécifiques. Chez l'individu, l'imitation, la répétition des mêmes actes, engendre l'habitude, devient le principe de l'éducation de tous les sens, du jeu régulier de tous les appareils, du perfectionnement ou de la perversion des fonctions, des facultés et des instincts; elle crée, pour ainsi dire, de toutes pièces les variétés individuelles, ou elle en développe le germe, inné dans l'individu. Considérée chez les animaux supé-

rieurs et dans les fonctions cérébrales de l'ordre le plus élevé, la tendance à l'imitation, à la répétition, l'habitude en un mot, devient encore le principe de l'association des sensations, des idées telles que l'animal peut les avoir, et de tous les phénomènes d'imagination, de mémoire, au degré qui compète à la nature animale.

Par là les influences extérieures que subit l'être vivant acquièrent indirectement une efficacité qui dépasse de beaucoup les effets immédiats. Une influence à peine sensible provoquera immédiatement une réaction aussi peu apparente : cependant cette réaction, en devenant le germe d'une habitude, pourra dans la suite modifier profondément la constitution de l'être vivant, ses fonctions, ses actes, et former le premier anneau de toute la chaîne des destinées qui l'attendent.

247. — S'il y a pour les êtres vivants un principe de détermination interne tenant à l'habitude, à l'exercice antérieur (ἄσκησις), et qui n'a pas d'analogue dans les phénomènes du monde inorganique, il s'ensuit que la connaissance ou la prévision des effets futurs reste soumise à des conditions différentes, selon qu'il s'agit de phénomènes purement physiques ou de ceux dans lesquels les êtres vivants jouent un rôle. Pour qui connaît les lois immuables qui gouvernent la matière inerte, et la configuration, la situation actuelle de toutes les parties du monde matériel, le présent est gros de tout l'avenir[1]; les calculs les plus compliqués et qui dépassent de beaucoup nos forces actuelles, qui

[1] *Essai*....., chap. XX, n° 302 *et suiv.*

même dépasseront toujours nos forces de beaucoup, seraient sans doute nécessaires pour tirer l'un de l'autre, mais cette difficulté pratique ne change rien aux conditions essentielles de la prévision ou de la connaissance.

L'action des êtres vivants intervient-elle, ces conditions sont au contraire changées. Il ne suffit plus de connaître l'état actuel et certaines lois immuables, il faut connaître les phases antérieures qui, par l'influence de l'habitude contractée ou d'un principe de reproduction et d'imitation ressortissant de l'habitude, peuvent être la cause déterminante des phénomènes ultérieurs, et les modifier diversement, sans qu'on puisse dire que les lois permanentes et les dispositions actuelles soient changées. Voilà deux chiens placés de la même manière par rapport à une proie qu'on leur offre ; le même instinct les pousse l'un et l'autre à s'en saisir; mais l'un a toujours été abandonné à son instinct et l'autre a été corrigé quand il y cédait dans les mêmes circonstances. Soutiendra-t-on qu'il suffirait d'un microscope assez puissant, pour découvrir dans la structure des fibres de leurs cerveaux quelque chose qui fasse prévoir que l'un se jettera sur la proie, tandis que l'autre s'abstiendra d'y toucher? C'est en effet ce que doivent soutenir tous ceux qui prétendent que les phénomènes de la vie ne sont que des phénomènes matériels, de même nature que les autres, quoique plus compliqués que d'autres. Mais, du moment qu'on rejette cette thèse comme insoutenable, il faut bien reconnaître que la prévision de l'acte qu'accomplit l'animal, exige que l'on connaisse, outre son organisation actuelle et les lois gé-

nérales de l'organisme, le fait qu'il a été précédemment l'objet d'une correction, pour avoir cédé à son instinct dans des circonstances semblables.

Avec cette connaissance parfaite, non-seulement des lois générales et des circonstances actuelles (ce qui suffirait pour les phénomènes de l'ordre physique), mais encore des circonstances antérieures, nous admettons que le phénomène à venir, dans lequel les puissances de la vie interviennent, comporterait une prévision rigoureuse, pareille à celle dont les phénomènes physiques sont l'objet; en d'autres termes qu'il serait aussi rigoureusement déterminé à l'avance. Nous l'admettons, dis-je, non que cela puisse être établi ni confirmé par aucune preuve, mais en vertu de cette maxime suprême de notre raison, que rien ne peut arriver, qui n'ait sa raison d'arriver, raison susceptible d'être perçue à l'avance par une intelligence suffisamment pénétrante.

248. — On ferait même abstraction de l'influence de l'habitude, qu'il y aurait encore lieu de tenir compte, dans les conditions de la prévision ou de la détermination *in futurum* des phénomènes soumis à l'influence de la vie, de la propriété que les forces vitales paraissent avoir, de varier avec le temps, indépendamment des circonstances extérieures : en quoi nous sommes fondés à croire qu'elles diffèrent essentiellement des forces physiques (178). La propriété de l'acide de saturer une base, ne se fatigue point, ne s'épuise point par des manipulations répétées, pas plus que la répétition ou l'habitude ne l'augmentent ou n'en facilitent l'exercice. La machine qui s'est encrassée et ne fonctionne plus reprendra sa marche

si on la nettoie et qu'on remette de l'huile dans les rouages; ou, si effectivement la machine est usée, l'usure ne consiste que dans l'altération matérielle des pièces, et n'atteint pas les forces physiques dans leur vertu essentielle, de sorte que le mécanicien peut prédire, à la suite d'une inspection attentive de la machine, comment elle fonctionnera dans l'avenir, sans avoir besoin de demander (sinon pour s'épargner la peine d'un examen minutieux) la date de sa construction et son certificat d'origine. Au contraire, tout nous indique que le principe de vie s'épuise en agissant (205), indépendamment de l'état matériel des organes sur lesquels et par lesquels il agit: de sorte que, pour assigner ce dont il est capable, il ne suffirait pas de connaître la disposition actuelle des organes et les plus minutieux détails de la structure organique; il faudrait encore tenir compte d'une donnée chronologique dont l'état des organes n'est que le signe incomplet et incertain. Ce que l'observation la plus vulgaire semble indiquer pour les êtres vivants pris individuellement, une observation plus savante le confirme-t-elle en ce qui touche les destinées des espèces? Grande et mystérieuse question que nous aurons à nous adresser bien des fois dans la suite de nos études.

CHAPITRE V.

DU PASSAGE DES PHÉNOMÈNES PHYSIQUES AUX PHÉNOMÈNES VITAUX. — DE LA GÉNÉRATION ET DE SES DIVERS MODES.

249. — L'ordre de nos recherches nous prescrivait de considérer d'abord, dans son ensemble, le tableau des phénomènes de la vie, pour en saisir les traits les plus généraux et les contrastes les plus saillants avec l'ensemble des phénomènes que nous offre le monde inorganique. Ces contrastes en effet sont ce qu'il y a de plus clair; les riches développements de l'organisme les mettent en pleine évidence. Au contraire, rien de plus obscur pour nous que le passage d'un ordre de phénomènes à l'autre : et pourtant le peu qu'il nous sera jamais donné de découvrir sur l'essence des forces vitales, sur le principe actif de la vie, ne sera mis en lumière qu'autant que nos observations pourront porter sur ce point nodal où le mouvement vital commence et où l'organisme apparaît à l'état naissant.

Or, tout cela se passe dans une sphère infinitésimale où l'œil de l'homme ne peut pénétrer tant soit peu qu'à l'aide des instruments et surtout à l'aide des méthodes d'une science perfectionnée, en profitant de tous les secours que donne une comparaison attentive de toutes nos théories scientifiques. Aussi peut-on affirmer que, jusqu'aux temps les plus modernes, les philosophes, les savants n'avaient, non plus que le

vulgaire, aucune notion précise sur le passage des phénomènes de l'ordre physique aux phénomènes de la vie. Deux choses seulement frappaient les yeux de tout le monde : à savoir la nécessité de certaines doses de chaleur et d'humidité pour exciter ou entretenir la vie des animaux et des plantes, et chez les animaux l'existence d'une respiration ou d'un soufle que l'on identifiait avec la vie elle-même. Les conditions chimiques de la vie étaient surtout absolument ignorées ; et pourtant elles doivent être les plus précises de toutes, puisque la chimie est, dans son essence, la plus précise des sciences physiques (139).

250. — La découverte des radicaux chimiques a modifié, mais non renversé la notion que les anciens philosophes se faisaient des *éléments*. Elle a transporté dans l'ordre des faits cosmologiques et vitaux une notion qui était réputée appartenir à la physique pure, à la physique théorique. Le nombre des radicaux de la chimie moderne est sans proportion aucune avec celui des anciens éléments : mais, parmi ces radicaux, il n'y en a qu'un fort petit nombre qui jouissent de la double prérogative, de jouer un rôle important dans les phénomènes cosmologiques que nous pouvons étudier sur notre globe, et d'entrer fondamentalement dans la composition des organismes vivants. Chimiquement le soufre est l'analogue ou le succédané de l'oxygène ; tous deux entrent avec une parfaite symétrie dans les diverses formules chimiques ; tandis que, par leurs rôles cosmologiques et biologiques, ils contrastent étrangement. A la faveur de son état gazeux, l'oxygène enveloppe de toutes parts notre planète, il en pénètre l'écorce, il devient le prin-

cipal agent de toutes les combustious vives ou lentes, de toutes les réactions chimiques, de tous les dégagements de forces électriques, et en même temps, par une bien remarquable coïncidence, le plus essentiel aliment de la vie, *pabulum vitæ*. Il se trouve en présence d'un autre gaz, également simple au sens chimique, mais unique en son genre, jouissant de propriétés physiques et chimiques plus spéciales encore, pour lequel il a une affinité puissante : et le résultat de leur union est de constituer un corps que nous appelons l'*eau*, où la chimie moderne voit avec raison un corps composé, mais qui n'en continue pas moins d'affecter, concurremment avec l'air atmosphérique, le rôle de matière première, d'élément véritable dans tous les phénomènes cosmologiques que nous observons sans cesse, et surtout dans l'écouomie vivante à laquelle il fouruit son étoffe, ses véhicules, son moyen de génération et d'alimentation substantielle; tandis que le soufre, par exemple, combiné avec l'hydrogène, en produisant un composé que l'algèbre chimique donne comme le corrélatif de l'eau, ne produit qu'un gaz infect et un affreux poisou.

A l'oxygène et à l'hydrogène la Nature a jugé bon de joindre deux autres radicaux chimiques singuliers, le carbone et l'azote, qui n'ont pas la même importauce que les deux autres, ni au point de vue de la chimie pure, ni au point de vue des phénomènes cosmologiques, mais dont l'économie vivaute ne peut pas plus se passer. Les deux premiers radicaux et le composé qui résulte de leur combinaison figurent de la même manière dans les deux grandes sections du règne organique; tandis que les deux autres ont, dans

l'économie végétale et dans l'économie animale, des rôles inverses. Les végétaux fixent le carbone dans leurs tissus où les animaux le puisent, non pour s'en nourrir, mais pour le brûler intérieurement et développer ainsi la chaleur qui devient le principe de leur puissance comme agents mécaniques (147) : d'un autre côté, les animaux sont chargés de faire dans les tissus et les sucs végétaux le triage des matières azotées qui n'y existent qu'en proportions très-petites, tandis qu'elles dominent dans les tissus et les sucs des animaux, qui acquièrent ainsi une constitution chimique généralement plus complexe.

Toute cette admirable économie est subordonnée à certains caractères chimiques très-particuliers du carbone et de l'azote; et néanmoins il répugne à la raison d'admettre que de telles particularités, de tels accidents soient la vraie raison, le principe déterminant d'une si belle harmonie, où l'unité et les contrastes se font si bien valoir mutuellement. L'essence de la distinction du type végétal et du type animal doit donc être ailleurs, dans une idée supérieure, qui approprie les qualités des matériaux dont elle dispose à la fin qu'elle poursuit : et plus généralement encore, l'essence, la raison de la vie ne peuvent pas résider dans les propriétés qui caractérisent chimiquement les quatre radicaux dont la Nature fait choix pour en fournir l'étoffe ou le *substratum* matériel.

Impossible de nier que l'eau et l'air atmosphérique, que l'hydrogène, l'oxygène et l'azote aient préexisté à toute manifestation de la vie; impossible par conséquent de soutenir que l'exercice des fonctions vitales soit ce qui les a constitués comme éléments ou espèces

chimiques et ce qui a peu à peu formé le magasin où les générations actuelles s'en approvisionnent. La question de la transmutabilité des éléments chimiques les uns dans les autres est toujours pendante : mais il est clair que la solution qu'elle peut recevoir reste indépendante des notions que nous pourrions acquérir sur ce qui fait l'essence des actions vitales. L'hétérogénéité chimique était constituée, n'importe comment, avant que la vie n'apparût : l'une est le phénomène antécédent, dominant, l'autre le phénomène consécutif et subordonné, sinon dans l'ordre de la finalité que nous connaissons si peu, au moins dans l'ordre de la causalité et de l'enchaînement rationnel, sur lequel l'observation et le raisonnement nous donnent beaucoup plus de lumières.

Le carbone n'est pas précisément dans le cas de ses co-associés. Les grands dépôts fossiles de charbon sont d'origine évidemment organique ; on a pu soutenir, sans trop d'invraisemblance, que les énormes bancs calcaires, dans la composition desquels entre le carbone, ont pour première origine l'accumulation des dépouilles d'animaux marins ; et la dose d'acide carbonique mélangé à l'air est si petite, qu'on pourrait dire qu'elle ne s'y trouve que parce que les êtres organisés ont le pouvoir de fabriquer eux-mêmes, à la longue, la provision de carbone dont ils ont besoin. Mais, sans entrer dans l'examen des expériences directes qui militent contre cette formation de toutes pièces des éléments chimiques par l'action des forces vitales, il suffit qu'elle soit visiblement inadmissible en ce qui concerne l'hydrogène, l'oxygène, l'azote, pour que la raison soit portée à la repousser en ce qui

concerne le carbone qui, par la manière dont il se comporte dans les réactions chimiques, a tout autant de titres à passer pour un élément primitif et irréductible.

251. — Outre ces quatre radicaux, il y en a d'autres qui entrent constamment dans certaines parties des animaux et des plantes, lorsque celles-ci ont atteint tout leur développement et toute leur perfection organique. L'œuf de l'oiseau est entouré d'une croûte calcaire et les sucs intérieurs contiennent du soufre; il y a du fer dans le sang, du phosphore dans les os, dans la cervelle, dans le sperme; les plantes terrestres donnent des sels de potasse, les plantes marines des sels de soude par leur incinération; un morceau de tripoli renferme les dépouilles de millions d'animalcules à carapaces siliceuses, et le chaume de nos céréales exige aussi de la silice. On peut dire de toutes ces espèces chimiques ce que nous disions tout à l'heure des quatre radicaux essentiels : l'hypothèse qu'elles se produiraient dans l'acte même de la vie est contredite, ou par des expériences directes, ou par des considérations théoriques qui n'ont pas ici moins de valeur. La puissance organisatrice de la Nature met donc toutes sortes de matériaux à contribution pour varier ses types et enrichir les détails de son plan : elle tire parti de tout, non pas cependant indifféremment; et par exemple la silice aura dans le développement de l'organisation animale bien moins d'importance que n'en ont les sels calcaires, et surtout infiniment moins d'importance dans l'organisation végétale que n'en a le carbone, quoique quelques chimistes aient été tentés de rapprocher le carbone et

le silicium par leurs caractères chimiques. Enfin, un grand nombre de radicaux chimiques, dont l'importance géologique est comme nulle, ne remplissent absolument aucun rôle dans l'économie vivante.

D'ailleurs il ne faut pas perdre de vue que les radicaux chimiques employés, même d'une manière constante, dans certaines parties de l'organisme, en sus des quatre énoncés d'abord, ne s'y fixent qu'à la longue, par suite d'un triage que les êtres vivants opèrent au sein du monde ambiant, à mesure qu'ils vivent, se développent et se nourrissent; et que, dans l'organisme naissant, dans les organes primitifs qui sont le point de départ et le siége originaire des actions vitales, on ne doit s'attendre à trouver que les quatre radicaux essentiels et leurs composés.

252. — Ici se présente un fait capital. Les quatre radicaux qui entrent fondamentalement dans la composition des matières organiques se prêtent (comme la science contemporaine l'a montré) à une multitude prodigieuse de combinaisons et de transformations dont un grand nombre s'opèrent dans l'exercice même des fonctions vitales, dont un plus grand nombre encore sont le produit de nos manipulations artificielles. Toutes ces combinaisons à formules très-complexes paraissent n'être maintenues que par des affinités très-faibles et sont très-peu stables (140). L'analogie, la symétrie de composition chimique que présentent ces divers produits, aussi bien ceux qui se forment sous l'influence du travail organique que ceux que nous créons artificiellement, viennent à l'appui de l'idée que la puissance vitale n'intervient effectivement dans la formation des premiers que par

une influence directrice (237) qui dispose des aptitudes chimiques de la matière, mais n'y ajoute rien, absolument comme le fait le chimiste dans son laboratoire. Il est vrai que notre art ne crée les produits artificiels et complexes de la chimie organique qu'en faisant réagir les uns sur les autres des produits dont la plupart (quoique ne contenant plus de traces d'organisation, comme l'alcool, le sucre, pas plus que l'eau pure n'en contient elle-même) n'ont pas encore pu être formés par nous de toutes pièces, comme l'eau, avec des matériaux directement puisés dans le monde inorganique : mais, du moment que la difficulté a été surmontée pour quelques-uns de ces produits, que rien ne paraît distinguer essentiellement des autres qui offrent une composition symétrique ou analogue, il est à croire qu'on la surmontera pour tous, ou qu'en tout cas elle tient à des particularités accidentelles qui ne doivent pas modifier nos conceptions théoriques. L'argument est de même nature que celui qu'on a employé pour montrer que la distinction des radicaux chimiques précède, au moins en puissance, l'intervention des actions vitales, ou, en d'autres termes, que la physiologie est subordonnée à la chimie et non point la chimie à la physiologie.

253. — Pour serrer de plus près le point d'insertion des phénomènes vitaux sur les phénomènes chimiques, il faut prendre les matières organiques qui offrent encore des traces d'organisation, qui puissent être l'objet d'une anatomie, non pas de cette anatomie qui s'applique à chaque organe, à chaque appareil organique en particulier, pour en décrire la structure générale, conforme à tel type déterminé,

mais de cette anatomie infinitésimale ou microscopique, qui porte sur les premiers matériaux de l'organisme, sur les cellules, les granulations, les noyaux, les globules qui entrent dans la composition des tissus et des humeurs, et dont les formes ne paraissent point avoir plus de relation avec celles des grandes pièces de l'organisme, que n'en a avec les lignes architecturales d'un édifice la configuration des blocs, des moellons ou des grains de ciment employés dans sa construction. Tout semble indiquer qu'après la trituration et par conséquent la destruction de l'être vivant auquel ils ont appartenu, de tels matériaux ou détritus organiques peuvent conserver pendant longtemps encore des restes du mouvement vital qui les a animés, manifester par divers symptômes et surtout par leur aptitude à entrer dans la formation de nouveaux organismes (lorsque les circonstances s'y prêtent et qu'on les soumet à une stimulation convenable) la vie dont ils sont encore imprégnés. Tel est le fondement de l'idée des *molécules organiques*, qui s'est offerte à la pensée des philosophes et des naturalistes bien avant qu'on ne pût la soumettre au creuset de l'investigation scientifique, dont Buffon surtout s'est fait le promoteur éloquent, et que la science moderne accepte au sens qui vient d'être expliqué, sans pour cela consacrer les théories générales qu'on avait voulu construire *a priori* sur cette seule idée.

On voit de pareils détritus organiques déterminer par leur présence, dans des milieux d'où toute trace d'organisation a disparu, et qu'il ne faut plus regarder que comme des composés chimiques, le phénomène connu sous le nom de *fermentation*, à la suite

duquel une transformation chimique s'opère, les atomes chimiques se trouvent groupés d'une autre manière, d'après une autre formule. D'autre part et en même temps les molécules organiques se transforment, se divisent, se groupent et laissent apparaître des organismes nouveaux, des animalcules, des végétations microscopiques d'une durée éphémère, d'une organisation prodigieusement abaissée si on les compare aux êtres vivants, animaux ou plantes, qui attirent ordinairement notre attention et d'où les détritus proviennent. Tout semble indiquer que le point d'attache de deux séries de phénomènes est bien là : d'un côté il s'agit des plus infimes productions de la synergie plastique; de l'autre nous voyons figurer les combinaisons chimiques les plus complexes, les moins stables, celles qui réclament en quelque sorte une cause extérieure d'ébranlement, pour suppléer à l'insuffisante énergie des forces purement chimiques. Cependant, si le sucre, si l'alcool, si l'acide acétique sont des corps chimiquement et non organiquement constitués, dont la constitution est régie par des formules vraiment chimiques, il faut bien que la conversion de l'une de ces substances dans l'autre soit elle-même un phénomène chimique de sa nature, dans lequel les actions vitales, quelles qu'elles puissent être, n'interviennent que d'une manière accessoire et occasionnelle, en attendant que nous ayons trouvé des moyens purement chimiques de produire cette conversion. Et par contre, il n'y a toujours rien dans les principes de la chimie qui puisse nous expliquer la formation de ces organismes, même si inférieurs, que nous voyons apparaître dans le phénomène, où

à l'occasion du phénomène de la fermentation (204).

254. — Abordons donc directement, et dans toute leur généralité, les idées qui se rattachent à ce merveilleux phénomène de la *génération*, et qui réagissent sur le système entier de nos idées, puisque les philosophes, comme les mythologues et les poètes, ont cherché de préférence leurs comparaisons, leurs allusions, leurs images, leurs symboles dans l'acte où la Nature a mis le plus de mystère, et qu'on a regardé en conséquence comme l'expression de sa vertu la plus intime et la plus essentielle. Voyons jusqu'à quel point cette conception, à la fois philosophique et poétique, se concilie avec une critique exacte des faits acquis à l'observation.

Le mode de reproduction vivipare, qui est propre à l'homme et aux animaux le plus voisins de l'homme, ne constitue pourtant (chacun le sait aujourd'hui) qu'une déviation accidentelle, et plus apparente que réelle, de la marche générale. *Omne vivum ex ovo.* L'œuf est un produit organique déjà très-compliqué, où l'anatomiste distingue, d'abord le germe ou l'ébauche rudimentaire du nouvel être, puis des membranes qui l'enveloppent, qui le protègent, et enfin des cloisons qui servent à emmagasiner les aliments dont il devra se nourrir, tant qu'il restera emprisonné dans ses enveloppes.

255. — Le germe végétal ou animal, à l'état où nous pouvions l'observer avant que les instruments et les procédés de la micrographie ne fussent régulièrement constitués, semble déjà une plante ou un animal en miniature; et de là l'idée de la *préexistence* et de l'*emboîtement* des germes à l'infini : idée d'après

laquelle il n'y aurait pas à proprement parler procréation successive d'individus nouveaux, mais développement successif d'individus créés tous du premier coup avec les premiers représentants de l'espèce. Etait-ce en la personne du premier père ou de la première mère? On disputait encore là-dessus il n'y a pas longtemps, tout en s'accordant sur le fond du système, si extravagant qu'il doive nous paraître aujourd'hui. A la faveur d'un postulat métaphysique comme celui de la divisibilité de la matière à l'infini, on pouvait suffire à tout, sinon selon les indications du bon sens, du moins selon les exigences d'une logique abstraite. Cependant il fallait admettre la préexistence et la coexistence, non-seulement des milliards de germes qui arrivent effectivement à l'existence sensible, mais de tous ceux en bien plus grand nombre qui auraient pu y arriver sans la fatalité des circonstances et qui n'y arrivent pas. D'ailleurs, pour les êtres comme les végétaux, qui ont en outre la faculté de se reproduire par gemmes, et qui offrent en quelque sorte des gemmes ou des bourgeons partout, il fallait admettre que chaque bourgeon contient aussi des milliards de germes et de miniatures végétales emboîtées les unes dans les autres et presque toutes bien inutilement. Car, pour quelques poiriers ou pêchers que l'homme ferait ainsi arriver à leur développement complet à l'aide de la greffe, il y aurait dans nos forêts bien des ormes et des chênes pour lesquels ce luxe de création primordiale serait en pure perte.

Mais nous savons déjà à quoi nous en tenir sur la conception de l'infinie petitesse, dans son application

aux phénomènes cosmiques (188) : et, pour ce qui concerne spécialement la question actuelle, il suffit de remarquer que les yeux des observateurs assistent aujourd'hui au travail organique de la formation du germe ou de l'embryon, formation qui a lieu de toutes pièces, dans un champ défini, par le rapprochement progressif de parties disjointes ou, comme on dit, par *épigénèse* (234), sur une échelle variable d'une espèce à l'autre, mais qui n'approche pas, pour la petitesse, de celle sur laquelle s'opèrent les phénomènes de la physique moléculaire, ni à plus forte raison les phénomènes chimiques. Si la formation du germe était en effet le premier anneau dans la chaîne des opérations de la vie, il serait prouvé que la matière ne commence à être animée du mouvement vital que bien après qu'elle s'est constituée chimiquement et moléculairement. Comme au contraire les matériaux du germe sont déjà des éléments organisés et imprégnés de vie, il s'ensuit qu'assister à la formation du germe, ce n'est pas encore, dans un sens strict, saisir l'organisme à l'état naissant, et aussi que le travail de l'organisation progressive du germe n'a en soi rien qui le distingue de tout autre travail organique et vital, par exemple du travail du développement du bourgeon. La description détaillée de ce travail organique, si particulièrement intéressant, constitue l'*embryogénie*, science toute moderne, parvenue en peu d'années à un degré de perfection étonnant, quand on tient compte des difficultés du sujet.

256. — Cependant, cette perfection même de l'embryogénie moderne, en faisant évanouir tout mystère en ce qui touche la formation du germe, est

justement ce qui reporte une couche d'ombre plus épaisse (168) sur le phénomène antérieur à la formation du germe, c'est-à-dire sur l'acte de la fécondation de l'œuf. Tâchons en effet de bien saisir le nœud de la difficulté. Voilà un œuf qu'une poule a pondu, et qui, indépendamment de toute fécondation, constitue un appareil organique des plus compliqués. Le travail de sa construction, de son développement et de son perfectionnement successif s'est accompli progressivement, lentement, sous la direction et l'empire des forces vitales dont la mère est le foyer, depuis la première sécrétion de l'ovule jusqu'à la complète expulsion de l'oviducte. Nous savons maintenant que ce travail ressemble on ne peut plus, par tous ses caractères généraux, par toutes ses conditions physiologiques, à celui qui se fera plus tard pour la formation de l'embryon. On dirait plutôt deux phases consécutives du même phénomène que deux phénomènes différents. Pourquoi donc le travail ne se poursuit-il pas sans l'intervention de cet acte, qu'on appelle la fécondation, acte mystérieux entre tous, et qui reste tel, quels que soient les progrès de l'observation scientifique ? Ce n'est point parce que l'œuf de l'oiseau est séparé de la mère pendant le travail de la formation du germe qu'il a besoin d'un surcroît d'impulsion vitale ; car, à ce compte, l'ovule du mammifère, greffé sur l'utérus de la mère, n'aurait nul besoin d'être fécondé. D'ailleurs la curieuse observation de Réaumur nous a appris que, chez certains pucerons, une seule fécondation peut suffire pour plusieurs générations successives. On a admiré cette singularité, comme on admire tout ce qui déroge aux règles ha-

bituelles : mais au fond la nécessité d'une fécondation, ou d'une sorte de reprise de l'impulsion vitale à chaque génération, est encore plus surprenante.

Les gemmes, les bourgeons, les boutures, séparés de la plante-mère, placés dans des conditions de température, d'humidité et d'alimentation convenables, portent en eux tout ce qu'il faut pour que le travail d'évolution se poursuive, sans qu'il soit besoin d'une fécondation ni de rien qui y ressemble; tandis que les ovules des plantes ont besoin d'être fécondés comme l'œuf de l'oiseau ou comme l'ovule des mammifères, par un procédé parfaitement analogue, pour se convertir en graines fécondes, dans lesquelles puisse se poursuivre le travail de l'organisation embryonnaire. Dans le genre *Lilium*, si riche en espèces propres à faire par leur élégance l'ornement de nos jardins, il s'en trouve une, le *Lilium bulbiferum*, qui contraste avec les autres, uniquement par cette singularité, qu'elle porte aux aisselles des feuilles des bulbilles reproducteurs, qui simulent des fruits ou des graines, qui ont le même usage, et qu'on n'en distingue qu'autant qu'on a une teinture de la botanique. Cependant ces bulbilles ne doivent point leur vertu reproductrice à une fécondation préalable, tandis que les ovules de la fleur s'atrophieront sans résultat, si le pollen des anthères n'a suivi le chemin que la Nature lui assigne pour arriver jusqu'aux ovules et les féconder. Nous cherchons vainement la cause qui empêchait la Nature de faire pour les ovules ce qu'elle a fait pour les bulbilles : les conditions du but à atteindre, de la fonction à remplir, ne nous l'indiquent point; il s'agit (tout nous l'annonce au

moins) de l'une de ces nécessités que nous nommons typiques (227), et dont par cela même la raison essentielle nous surpasse tout-à-fait; car il n'y a rien dans la constitution de notre entendement ni dans les renseignements de l'observation, qui puisse nous aider à comprendre pourquoi la Nature, pouvant atteindre le même but en se conformant à tel type ou à tel autre, se serait trouvée asservie à tel type plutôt qu'à tel autre.

Ce que nous voyons le plus clairement, c'est d'une part que le mode de reproduction dans lequel la fécondation intervient, et que l'on a parfaitement bien qualifié de *procréation*, a plus de ressemblance avec une création proprement dite; qu'il accuse d'une manière plus nette, par une sorte de secousse vitale, la distinction des individualités successives; qu'il fraie ainsi la voie à de plus nombreuses ou à de plus profondes modifications individuelles : tandis que d'autre part il est une cause marquée de l'épuisement du principe de la vie chez l'individu qui la transmet, épuisement sans rapport avec ce que l'accomplissement de la fonction offre de matériel et de saisissable, et qui, pour un grand nombre d'espèces, va jusqu'au sacrifice de l'individu reproducteur ou de l'organe reproducteur, une fois l'acte de la reproduction accompli. Aucun autre ordre de phénomènes ou de fonctions n'est plus propre à donner l'idée d'une énergie vitale qui n'est pas le simple effet de l'état matériel et de la disposition des organes, et aussi l'idée d'une énergie qui s'épuise par l'exercice même (204 *et* 205).

257. — Maintenant, si l'on examine comment la Nature opère l'acte de la fécondation, on trouve qu'il

n'y a pas de fonction physiologique où elle ait plus nettement distingué, pour qui l'observe scientifiquement, le principal de l'accessoire, et plus étrangement varié et multiplié les accessoires, comme pour se prêter d'avance aux caprices poétiques de l'imagination de l'homme. Ces mythes lascifs des religions panthéistiques, ces hymnes païens à Vénus et à l'Amour, que les plus graves philosophes (dans les temps modernes comme dans l'antiquité) se sont crus obligés d'entonner, lorsqu'ils avaient à peindre les œuvres de la Nature, les peignent effectivement sous de très-fausses couleurs ou généralisent d'une manière très-peu philosophique ce qui, dans un sens raffiné, ne s'applique qu'à l'homme, et dans un sens plus grossier, aux animaux les plus voisins de l'homme. Ne serait-ce pas abuser un peu étrangement du nom d'*amour*, que de l'appliquer à ce qui fait aujourd'hui la base de l'industrie de la pisciculture? Et pourtant les sexes sont encore séparés chez les poissons comme chez les mammifères, condition sans laquelle tous les mythes et tous les hymnes en question deviennent autant de non-sens. Mais, la séparation des sexes n'est elle-même qu'un caractère typique de valeur secondaire. Dans le règne végétal, le même genre ou des genres très-voisins offrent des espèces monoïques à côté des espèces dioïques : une bigarrure analogue s'observe dans les classes inférieures du règne animal, et il faut arriver aux classes supérieures de ce règne pour que le caractère typique acquière une grande consistance. Nous tombons donc dans l'erreur qui consiste à nous prendre pour la mesure des choses, lorsque nous lui attribuons une valeur fondamentale et absolue, et que

nous en faisons le pivot de nos explications cosmogoniques, comme cela s'est vu tant de fois, même depuis que le temps des cosmogonies proprement dites est passé.

Au contraire, pour ce qu'il y a de principal et d'essentiel dans le phénomène de la fécondation, indépendamment de toute distribution ou séparation des sexes, non-seulement les diverses classes d'animaux et de plantes se ressemblent entre elles, mais les végétaux et les animaux se ressemblent entre eux d'une manière frappante, d'autant plus frappante que nous comprenons moins la raison du type adopté et pourquoi il serait la suite nécessaire de la nature des exigences fonctionnelles (225). Depuis la découverte des *spermatozoaires*, on s'est épuisé en conjectures sur la nature, les fonctions, le rôle de ces animalcules ou machines organiques, comme quelques-uns les ont appelés : et aucune de ces conjectures ne s'est trouvée satisfaisante. On a songé tour à tour à comparer l'acte physiologique de la fécondation au phénomène de l'attraction moléculaire, à celui de la saturation chimique, à la dualité ou à la polarité électro-magnétique : tout cela est resté dans le champ des allusions vagues; rien n'en a pu sortir jusqu'à présent, qui ait acquis quelque degré de consistance scientifique.

258. — Pour les plantes et les animaux susceptibles de reproduction par bouture, la bouture devient un être complet qui reproduit le type de l'espèce et même les variétés individuelles appartenant au sujet d'où il provient, sauf à en acquérir de nouvelles en raison du genre de vie et des influences extérieures auxquelles on le soumet. Dans quelques cas (205), la

section du sujet primitif ne régénère que des sujets d'une organisation simplifiée et abaissée : ne semble-t-il pas naturel d'en induire que les détritus organiques (253), encore imprégnés du mouvement vital, et qui agissent comme ferments de manière à provoquer des conversions chimiques, pourraient bien, par la réaction que le phénomène chimique entraîne, constituer de toutes pièces ces organismes (relativement si simples et si abaissés) dont l'apparition accompagne les fermentations? Tel serait le phénomène auquel on a donné le nom de *génération spontanée* ou *équivoque*, et en dernier lieu celui d'*hétérogénie*.

A l'idée de génération spontanée que suggère naturellement la première vue des faits, on a répondu, soit par des faits en prouvant que ce qu'on avait pris d'abord pour une génération spontanée, n'était, d'après un examen plus attentif, facilité par des instruments plus parfaits, que l'application des lois de la génération ordinaire; soit par une autre idée qui se rattache comme celle de l'emboîtement des germes (255), à la notion de l'infinie divisibilité de la matière. On a dit que rien n'empêche de supposer partout, et notamment dans l'atmosphère, des germes en nombre assez prodigieux, ayant un assez prodigieux degré de ténuité, pour expliquer toutes les apparences de génération spontanée, et qu'il vaut encore mieux s'en tenir à ce postulat (dit de la *panspermie*), que d'admettre une dérogation à des lois manifestes de la Nature, telle que celle qui résulterait de l'hypothèse des générations spontanées.

Le moment semble venu (on s'en aperçoit à l'ardeur contenue des discussions) de donner de cette

question fameuse une solution expérimentale et définitive [1]. Il ne saurait convenir à la nature du présent ouvrage de discuter les détails techniques d'une expérience, d'examiner si l'on a pris toutes les précautions nécessaires pour s'assurer de la clôture hermétique d'une fiole, de la complète destruction de toutes les matières organiques, de tous les germes impalpables qui pourraient être en suspension dans une liqueur ou dans un volume d'air : nous ne pouvons discuter que des idées, et nous croyons pouvoir le faire d'une manière utile, tout en restant dans des termes très-généraux.

259. — On a remarqué que les produits imputés à la génération spontanée varient tellement selon les conditions de l'expérience, qu'il faudrait supposer que la Nature a emmagasiné à l'avance dans l'atmosphère des germes pour toutes les expériences possibles, sans autre but que celui de satisfaire sur un point donné, à un moment donné, la curiosité de tel expérimentateur. La levure de bière est une végétation microscopique *sui generis* : les germes en existaient-ils dans l'air avant que les habitants de nos contrées ne s'avisassent de fabriquer de la bière, et existent-ils inutilement, depuis un grand nombre de siècles, dans les contrées où l'usage de la bière est

---

[1] Le lecteur pourra consulter avec fruit le travail étendu, consciencieux et remarquable (quoique déparé par des idées hasardées et des négligences de style), que M. F. A. Pouchet, directeur du Muséum d'histoire naturelle de Rouen, a publié sous ce titre : *Hétérogénie, ou Traité de la génération spontanée, basé sur de nouvelles expériences*, Paris, 1859, in-8°. Voyez, comme contre-partie, les *notices* sur les expériences de M. Pasteur, dans les *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences* de Paris, pour 1859 et 1860.

inconnu? La même question peut se poser pour toutes les productions parasitiques que développe une affection morbide nouvelle, dans tous les cas où l'apparition du parasite est la suite et non la cause de la maladie, et même dans le cas où il déterminerait la maladie : car, comment admettre que le germe ait existé si longtemps à l'état d'inaction, uniquement pour déterminer quelque jour une maladie? On voit bien qu'il s'agit ici de l'une de ces raisons de bon sens qu'une subtilité ne détruit pas, et qui n'ont pas besoin, pour convaincre, de revêtir la forme d'un syllogisme ou celle d'une démonstration géométrique. Nous ne croyons pas en effet qu'il y en ait de plus forte au service de l'hypothèse des générations spontanées.

Cette hypothèse implique-t-elle d'ailleurs une dérogation si choquante aux règles générales de la Nature? Nullement, disent aujourd'hui ses partisans : car, nous sommes loin de n'y voir (comme des disciples du vieil Épicure ou comme des scolastiques du moyen-âge), que l'effet fortuit des rencontres d'atomes; nous sommes bien convaincus au contraire que les puissances harmoniques de la vie président à la formation du nouvel être, soit qu'elles aient leur siége dans le *blastoderme* d'un œuf, ou dans l'espèce de membrane qui résulte de l'agglomération de détritus organiques encore imprégnés de vie. L'ovaire, l'œuf, le spore, le bourgeon ne sont que des organes, des machines organiques vivantes, entre beaucoup d'autres que la Nature simplifie ou complique plus ou moins, où elle localise et spécialise plus ou moins (224) une énergie qui fondamentalement se retrouve partout. Substituez donc au vieil adage *Omne vivum ex ovo* (254) un adage

plus compréhensif *Omne vivum ex vivo,* et vous lèverez toute antinomie; vous ne verrez plus daus des faits en apparence contradictoires que les diverses modalités d'un même fait.

Mais nous ne pouvons pas accorder ce dernier point aux *hétérogénistes*. Ils ne prennent pas garde que ce qui constitue l'antinomie, ce n'est point l'absence de ces machines organiques qu'on appelle un ovaire ou un œuf, et dont on conçoit en effet que l'absence n'impliquerait pas de dérogation essentielle à une règle fondamentale : la dérogation essentielle consiste en ce que la génération spontanée serait en même temps *équivoque*, en ce sens que, selon les circonstances d'expérimentation, selon le degré de température et la nature du milieu qui les tient en suspension, les mêmes détritus organiques engendreraient, tantôt une espèce, tantôt une autre, peut-être même avec une telle variabilité d'un cas à l'autre, qu'il n'y aurait plus lieu de songer à une caractéristique ou à une distinctiou tranchée entre les espèces. Or, cela constitue quelque chose de tout-à-fait distinct, nonseulement de la reproduction ovipare, mais de la reproduction par bourgeons ou par boutures, et de toute génération qui n'a lieu qu'en conformité d'un type déterminé par l'origine même des éléments du nouvel organisme. On ne peut pas considérer comme des modalités diverses d'un même phénomène, des phénomènes soumis à des lois si essentiellement différentes.

Le second des adages cités, avec sa généralité plus grande, peut-il d'ailleurs servir plus que l'autre à lever le mystère des premières origines? Il ne le semble pas

de prime abord, puisqu'il y a eu certainement une époque où il ne pouvait pas plus exister de détritus organiques ayant eu vie, que d'œufs ou de germes à la surface de notre planète. Au fond cependant le premier adage ouvre une porte que l'autre laisse fermée, et ce n'est pas un médiocre argument en faveur de l'hypothèse des générations spontanées. Car, les œufs et les germes n'ont pu être créés de toutes pièces, pour les besoins actuels et pour ceux de l'avenir, que par un miracle : tandis qu'il a suffi d'un premier levain de matière organique, pour susciter des générations d'êtres vivants, qui ont dû se nourrir, dans la courte durée de leur existence, en partie aux dépens du milieu inorganique ambiant, de manière à accroître progressivement par leurs dépouilles la masse de matière organique enfermée dans un espace limité, et à fournir une *étoffe* aux modifications et aux perfectionnements ultérieurs. Que si l'on demande comment les premiers rudiments de la vie ont pu apparaître, sans détritus organiques préexistants, dans le milieu inorganique qui offre tous les matériaux nécessaires au développement ultérieur du travail organique une fois commencé, on voit que l'on retombe sur une question analogue à celle qui était agitée au n° 238, et à laquelle on peut faire les mêmes réponses : d'ailleurs elle rentre dans les questions d'origine dont nous ne devons traiter que plus loin.

CHAPITRE VI.

DES RACES ET DES ESPÈCES, ET DE LA PARENTÉ DES ESPÈCES.

260. — Nous avons considéré, au chapitre III du présent livre, l'idée de type organique, prise dans sa généralité, toute abstraction faite des forces ou des causes physiologiques qui peuvent intervenir dans la constitution du type : le moment est venu d'examiner comment les notions de formes et de forces se combinent pour la détermination de l'idée d'*espèce* (au sens des naturalistes) et de toutes les idées qui s'y rattachent.

En étudiant d'abord l'être vivant dans son individualité, on reconnaît tout de suite que le milieu dans lequel il se trouve accidentellement placé, les agents physiques auxquels il est soumis, la nourriture qu'il prend, le genre de vie qu'il mène ont une notable influence sur son développement, sur sa constitution, sur son tempérament, sur les habitudes qu'il acquiert, et même sur les formes sensibles que prennent en définitive toutes les parties de son organisme. Plus l'individu est jeune, plus cette influeuce est grande. Et néanmoins on reconnaît que cette influence, si grande qu'elle soit, ne porte que sur des détails d'organisation bien secondaires, en comparaison des traits qui se trouvent déjà arrêtés, déterminés, dès l'instant de la conception, du moment que l'individu vivant a

commencé d'avoir une vie qui lui fût propre. Le germe de chaque être vivant est donc déjà le *substratum* d'un certain type organique, arrêté, déterminé dans tout ce qui le caractérise le plus essentiellement. Ceci s'applique au mode de reproduction par gemme, par bouture, comme à la génération proprement dite.

D'un autre côté, les caractères (soit primitifs et innés, soit acquis à la longue) qu'un individu possède, ont une tendance marquée à se transmettre héréditairement, à passer à sa descendance immédiate, ou à se reproduire dans la suite des générations successives. Plus l'origine de ce caractère sera ancienne dans l'individu, plus forte sera la tendance à une transmission héréditaire; et si les accidents de l'éducation, du milieu, du genre de vie, se combinent avec ceux de la génération pour perpétuer le caractère dans plusieurs générations consécutives, la tendance à une transmission ultérieure se prononcera de plus en plus.

261. — De là la notion des *variétés* et des *races*. On voit une plante qui habite des lieux bas et des montagnes, des terrains gras et humides et des terrains pierreux : ici la tige grandit, les tissus sont charnus; là les tissus se dessèchent, la taille se rabougrit, les sucs deviennent moins aqueux et plus aromatiques; la plante se hérisse de poils, d'aiguillons, d'épines dont elle se dépouille ailleurs. Voilà l'exemple de variétés dues aux circonstances extérieures, et qui pourtant, en vertu d'une loi générale de l'organisme, ont une tendance à se transmettre héréditairement, même après le changement des circonstances extérieures. Cependant, si des influences

contraires à celles qui ont fait naître la variété, viennent à persister, la variété dégénère à la longue, ou, si l'on veut, les caractères primitifs se régénèrent, malgré la tendance à une transmission héréditaire. En pareil cas l'on ne songe point à attribuer à la descendance d'un auteur commun la ressemblance des individus que l'on rapporte à la même variété : il suffit d'admettre qu'eux ou leurs auteurs ont été placés, pendant un temps suffisant, dans des circonstances semblables. La génération favorise la consolidation et le maintien de la variété : elle ne la constitue pas. Il ne peut guère y avoir, dans le mode de reproduction par gemme ou par bouture, que des variétés de cette sorte.

Dans d'autres cas, le fait même de la génération, et les particularités accidentelles qu'il présente, peuvent donner naissance à une variété que les générations ultérieures auront la vertu de consolider et de transmettre, pourvu toujours que les circonstances extérieures ne résistent point par trop à cette transmission, ce qui est la condition commune pour la conservation de tous les organismes et de tous les détails de l'organisme. En pareil cas, l'esprit porte un jugement inverse de celui qu'il portait tout à l'heure. La génération est considérée comme le principe de la variété héréditaire, à laquelle les circonstances extérieures contribuent si peu, que l'on voit des variétés distinctes persister à côté les unes des autres, sous l'influence prolongée des mêmes circonstances extérieures. Une telle variété est celle à laquelle appartient éminemment le nom de *race*. On admet alors, non pas figurément, mais au propre, que la ressem-

blance de tous les individus de la même race tient à une véritable parenté, à leur descendance d'un auteur commun. Si pourtant le hasard, la répétition des mêmes épreuves dans des circonstances semblables, ou l'industrie de l'homme (ce qui est le cas pour les races domestiques que nous créons artificiellement) avaient pu faire apparaître, par la voie de la génération, les mêmes caractères distinctifs chez plusieurs individus qu'aucun lien de parenté effective ne rattacherait les uns aux autres, et si la variété ainsi créée était de nature à se transmettre ensuite par voie d'hérédité, indépendamment des circonstances extérieures, dans la descendance des uns et des autres, on pourrait dire que tous appartiennent à la même race, parce que tout se passerait et s'observerait comme si tous descendaient d'un auteur commun. La race ainsi constituée différerait toujours de la simple variété qui tend à s'effacer, dès que les influences qui l'ont créée cessent d'agir ou agissent en sens contraire.

262. — Ici se place une remarque bien importante, à savoir que le principe de la transmission héréditaire ne s'applique jamais d'une manière rigoureuse et absolue à ces caractères auxquels on peut assigner un commencement dans la série des générations successives, et que de tels caractères n'ont encore, généralement parlant, qu'une valeur fort secondaire, en comparaison de ceux qui persistent et qui coexistent, indépendamment des accidents de la génération, dans une multitude d'individus, construits évidemment sur le même type, et qui ne se rattachent les uns aux autres par aucun lien généalogique connu, quoique

nous soyons encore fort portés à expliquer leur ressemblance par leur descendance commune d'un même ancêtre primitif.

De là l'idée d'un fond commun de caractères, plus essentiels et plus fondamentaux que les autres, dont la première origine nous échappe, et qui constitue ce que les naturalistes nomment une *espèce* : fond commun sur lequel brochent en quelque sorte les accidents du développement individuel, de la génération, de la transmission héréditaire, de manière à constituer des variétés individuelles, sporadiques, dont la science n'a point à s'occuper, et des variétés héréditaires ou des races plus ou moins anciennes, plus ou moins durables, mais dont l'ancienneté, la persistance et la durée ne sont point comparables à celles des espèces.

A défaut de renseignements généalogiques qui nous manquent presque toujours (à moins qu'il ne s'agisse de variétés ou de races créées par l'homme lui-même), il faut, pour que nous soyons fondés à considérer deux individus, deux races, comme appartenant à la même espèce, que l'expérience nous apprenne que les accidents du développement individuel et de la génération ont suffi pour amener entre d'autres individus, entre d'autres races, les mêmes diversités, ou tout au moins des diversités de même ordre que celles que nous observons actuellement. Et comme ce critère décisif nous manque encore le plus souvent, il est clair que force sera de s'en rapporter, dans les cas controversés, à une certaine habitude acquise dans des cas analogues, pour lesquels nous avions les renseignements de l'expérience. Ce sera

une affaire de tact, d'estime, un jugement d'appréciation que recommandera l'autorité de l'appréciateur, mais qui ne pourra s'imposer par démonstration logique (66).

Rien n'empêche de donner à l'explication précédente la forme d'une définition, en disant que l'espèce comprend tous les individus qui pourraient être réputés descendus d'un même ancêtre, sans qu'aucune *raison physiologique* impliquât l'impossibilité de cette descendance, quoiqu'il puisse y avoir d'excellentes raisons, tirées de la distribution géographique des individus et des races, ou d'autres circonstances encore, qui rendent la commune descendance tout-à-fait improbable. Au reste, en formulant une pareille définition, on ne change rien aux conditions du problème scientifique : la sérieuse difficulté est toujours d'appliquer la définition à la foule des cas particuliers.

263. — Toutes les observations qui précèdent s'appliqueraient aux espèces chez lesquelles on n'observe pas la distinction des sexes comme aux autres : mais le fait de la distinction sexuelle des individus, quoiqu'il n'ait à certains égards qu'une importance secondaire (257), en acquiert ici une très-grande au point de vue positif et concret, et vient singulièrement compliquer les conditions du problème. D'une part cette circonstance tend à effacer les diversités héréditaires par le croisement et le mélange, en ajoutant aux conditions de la constitution des races une condition nouvelle, celle de l'isolement : d'autre part elle suggère l'idée d'un nouveau caractère, en apparence plus tranché que les autres, pour reconnaître que les individus et les races appartiennent au même fond spéci-

fique, celui de la possibilité des croisements doués d'une fécondité indéfinie, à la manière des unions contractées entre individus de la même race.

En effet l'on observe que, communément, les individus qu'on serait disposé, à la seule inspection, à rapporter à des espèces différentes, n'ont aucune tendance à s'unir, ou ne contractent que des unions stériles; que seulement dans des cas fort rares, et quand il s'agit d'espèces évidemment très-rapprochées, les unions deviennent fécondes, mais n'engendrent que des produits frappés eux-mêmes de stérilité, dès la première génération ou dans les générations ultérieures, de manière à disparaître sans laisser de traces dans l'ordre permanent des choses. Cependant il n'en a pas été toujours ainsi, même à des époques où les lois qui régissent la Nature vivante étaient certainement les mêmes que nous observons actuellement; et les naturalistes sont disposés à regarder plusieurs de nos races domestiques ou cultivées comme provenant du mélange de plusieurs espèces voisines, dont quelques-unes sont encore aisément reconnaissables, dont d'autres ne se retrouvent que difficilement, ou même ne se retrouvent plus. D'ailleurs il ne faut pas prendre pour le fondement essentiel et primitif de l'idée d'espèce et de la diversité des caractères spécifiques, le fondement de la distinction des espèces dans l'ordre que nous observons actuellement. Supposons à l'origine une création d'espèces, bien séparées les unes des autres par l'ensemble de leur organisation; mais que, pour quelques-unes d'entre elles (qui peut-être ne seront pas celles que l'ensemble de leur organisation rapproche le plus) des conformités spéciales et

secondaires d'organisation disposent des individus d'espèces différentes à contracter des unions fécondes et à produire des métis qui possèdent eux-mêmes le principe de fécondité : la conséquence de cette aptitude sera d'amener, sans l'intervention de l'homme et de son industrie, ce qui très-probablement a eu lieu pour certaines espèces grâce à son industrie. Au bout d'un temps suffisant pour l'évolution de toutes les combinaisons fortuites, les espèces douées de l'aptitude dont il s'agit se seront intimement mélangées, et de la fusion des anciennes espèces seront issues des espèces nouvelles qui offriront diversement combinés et modifiés les caractères des espèces primitives. Donc, réciproquement, il faut bien que les espèces dont nous observons actuellement la distinction soient celles dont la constitution n'a pas, dès le commencement de l'ordre actuel des choses, cessé de répugner à des unions fécondes ou du moins à des unions dont les produits pussent se perpétuer. Seulement il ne faut pas prendre la conséquence pour le principe, ni le résultat d'une des particularités de la constitution spécifique pour la définition rationnelle de l'idée d'espèce [1], bien qu'elle puisse suffire encore pour une définition purement artificielle ou logique (45).

---

[1] Ce n'est pas une médiocre satisfaction, pour un logicien qui ne peut en aucune façon prétendre au titre de naturaliste, que de trouver toutes ces idées (déjà présentées par nous en termes identiques dans une note de l'*Essai sur les fondements de nos connaissances*, T. II, n° 216) à peu près exactement reproduites, quoique avec plus de développements, et certainement sans connaissance du livre précité, par un naturaliste des plus distingués, qui porte dignement un nom illustre, M. Alph. de Candolle, *Géographie botanique*, T. II, p. 1077. Paris et Genève, 1855.

264. — L'assertion, que des caractères secondaires d'organisation ont pu rendre, tantôt possibles, tantôt impossibles le mélange et la fusion des espèces, n'est pas une assertion purement gratuite; elle a au contraire en sa faveur une induction puissante. En effet, parmi les caractères de tout ordre, dont l'ensemble constitue la caractéristique de l'espèce, il faut certainement ranger le caractère de persistance et d'inflexibilité, ou au contraire le caractère de flexibilité et d'aptitude à se diversifier, en donnant naissance à de nouvelles races ou variétés héréditaires. Or, il est bien à remarquer que ce caractère, si important à notre point de vue, ne paraît point tenir à ce qu'il y a de plus fondamental et de plus essentiel dans l'organisme. Ainsi, parmi des espèces très-voisines, les unes sont, pour ainsi dire, inflexibles; les autres sont douées d'une grande flexibilité. L'homme a réduit en domesticité, il façonne et pétrit en quelque sorte à sa guise certaines espèces d'animaux et de plantes, et il ne peut rien sur des espèces congénères, qui en diffèrent à peine dans les traits d'organisation qui tombent immédiatement sous les sens. Un instinct naturel de sociabilité ou de sauvagerie, un degré de plus de retenue ou d'ardeur dans les penchants sexuels, c'est-à-dire des choses qui ne se traduisent que dans les détails les plus fugaces des formes organiques, si tant est qu'elles s'y traduisent, distinguent l'espèce susceptible de domestication et des variétés héréditaires que la domestication introduit ou rend possibles, d'avec l'espèce, d'ailleurs très-voisine, qui répugne à toute domestication et à toute ramification en races domestiques. Les plantes qui n'ont pas, comme les

animaux, des mœurs ou des instincts innés, mais qui paraissent être comme eux capables de contracter et de perdre des habitudes transmissibles, n'offrent pas moins de disparité pour ce qui tient à la flexibilité ou à l'inflexibilité des caractères apparents, et les mêmes familles comprennent pêle-mêle des espèces flexibles et des espèces inflexibles.

La reprise de la greffe sur le sujet n'est pas sans offrir de l'analogie avec la possibilité et la fécondité d'un mariage entre espèces voisines; il faut aussi que les espèces ne soient point trop éloignées pour qu'une telle reprise ait lieu; mais elle a lieu entre espèces moins voisines que d'autres, pour lesquelles la reprise est impossible, et par conséquent d'après des conformités d'organisation que l'ensemble des caractères nous oblige de ne pas mettre en première ligne.

265. — Ceci nous conduit à une autre remarque non moins importante. Les deux définitions de l'espèce, que nous avons données plus haut, l'une indépendante du fait de la séparation des sexes, l'autre fondée sur la fécondité des alliances sexuelles, ne cadrent pas nécessairement. Voilà deux races dont l'origine nous échappe absolument, qui persistent indéfiniment, en vivant côte à côte, sous les mêmes influences; dont les différences, en supposant qu'elles provinssent d'ancêtres communs, ne pourraient s'expliquer, ni par les accidents de la génération, ni par l'action prolongée des milieux ambiants, de la nourriture, du genre de vie, d'après ce que nous observons dans l'ordre actuel des choses : il faudrait donc, en vertu de la première définition, les considérer comme constituant des espèces distinctes. Mais, d'autre part,

ces races peuvent contracter entre elles, quand on les rapproche, des alliances sexuelles d'une fécondité indéfinie : à ce titre, et en vertu de la seconde définition, elles appartiendraient à une même espèce. Du moment qu'il faut admettre une exception aux règles les plus ordinaires, il devient, à ce qu'il semble, indifférent d'admettre que deux espèces très-voisines ont, par exception, la puissance de s'unir, de manière à donner naissance à des produits hybrides, d'une fécondité indéfinie; ou que, par exception aussi, certaines espèces admettent des diversités de races d'une origine aussi ancienne, aussi cachée, d'une persistance aussi grande que les différences spécifiques. Du moins, pour se décider entre les deux formules, il faudra recourir à d'autres considérations, à l'appréciation de la valeur des caractères différentiels et des transitions qu'ils présentent : appréciation qui ne pourra comporter les règles fixes qu'on requiert dans une définition logique, et qu'apparemment la nature des choses ne permet pas d'établir ici.

266. — Nous avons dans tout ceci un exemple bien remarquable du contraste entre la coordination logique et l'explication rationnelle, entre la tendance scientifique et la tendance philosophique. Pour la commodité de la construction scientifique, pour la rigueur des classifications, il faudrait des règles fixes, des lignes de démarcation tranchée : en conséquence l'esprit purement scientifique et classificateur saisit de préférence tout ce qui donne ou paraît donner à l'idée d'espèce la précision, la rigueur formelle d'une définition logique, tout ce qui donne ou paraît donner au fait qu'elle exprime la fixité, l'immutabilité la plus

absolue. Cela éloigne d'autant plus l'explication proprement dite, cela épaissit d'autant plus le voile qui recouvre les origines; tant mieux, la science gagne d'un côté et ne perd rien de l'autre : car, il faut en tout cas désespérer de donner jamais aux explications, aux hypothèses sur les origines, la précision scientifique et le genre de certitude ou tout au moins de probabilité que la science réclame. Le point de vue du philosophe est tout autre : car, il recherche l'ordre rationnel, fût-ce aux dépens de l'enchaînement formel ou logique; et il ne peut se résoudre à accepter comme principe une définition qui ne lui paraît être que l'expression d'un fait dérivé; une définition qui introduit une discontinuité formelle dans les résultats, quand la loi de continuité paraît régir le mode d'action des causes productrices. Enfin, il ne peut se résoudre à accroître (sans nécessité absolue) le poids que la raison cherche à soulever, et à s'interdire d'avance une ébauche d'explication parce qu'elle n'est pas de nature à prendre place dans la science.

267. — On ne doit, ni s'exagérer la portée scientifique des définitions, dans la matière dont il s'agit, ni en méconnaître la valeur au point de les regarder comme purement artificielles. Voyons d'abord à nous prémunir contre le premier excès. Les espèces vivantes, végétales ou animales, se comptent de notre temps par centaines de mille, et les naturalistes sont loin de croire qu'ils en ont épuisé la liste. Or, ont-ils pu faire, pour ces myriades d'espèces qu'ils ont établies, les investigations nécessaires à l'effet de s'assurer qu'il n'y a, entre tous les individus de l'espèce, que des différences qui pourraient physiologiquement s'expli-

quer, conformément à l'ordre actuel des choses, dans l'hypothèse de la descendance d'un auteur commun? Ont-ils pu établir, par des expériences convenables, que tous les individus de l'espèce sont capables de contracter entre eux des alliances sexuelles d'une fécondité indéfinie, tandis qu'ils ne pourraient contracter que des unions stériles avec les individus des espèces voisines? Assurément une telle preuve n'a jamais été faite et personne ne songe à la faire. En tout cas il n'y aurait nullement lieu de songer à la faire pour tant d'espèces éteintes, qui ont vécu aux anciens âges du globe, dans des circonstances très-différentes des circonstances actuelles, et auxquelles néanmoins les naturalistes ont la prétention d'appliquer leurs classifications et leurs distinctions spécifiques, tout comme aux espèces vivantes. En effet, aussi bien pour les espèces éteintes que pour les espèces vivantes, s'il arrive quelquefois que les naturalistes diffèrent d'avis sur certaines espèces, que les uns voudraient réunir, que d'autres voudraient séparer, il arrive bien plus souvent qu'ils tombent tous d'accord : et que signifie cet accord, sinon qu'indépendamment de la définition (dont on ne fait aucun usage, soit qu'on dispute, soit qu'on s'accorde), l'idée d'espèce implique pour les naturalistes l'appréciation de certains rapports d'affinité ou de proximité, laquelle proximité (toute estime faite de la valeur des caractères organiques et de leur degré de fixité) est essentiellement plus grande entre les individus de même espèce, quelques variétés qu'ils offrent, qu'entre des individus d'espèces différentes, si voisines que soient ces espèces? Tous les degrés de la hiérarchie des

classifications naturelles donnent lieu à des appréciations de cette sorte. Tantôt on scinde des genres, des familles, et tantôt on les réunit, en considérant comme des sous-genres ou des subdivisions du même genre, comme des tribus ou des subdivisions de la même famille, les groupes qui étaient auparavant réputés former autant de genres distincts ou de familles distinctes. Méconnaître la valeur des discussions portées sur ce terrain et n'y voir qu'une affaire de classification arbitraire, ce serait méconnaître la portée de l'idée d'une classification naturelle ou d'une juste expression des rapports naturels [1]. Si les naturalistes tombent d'accord à propos de réformes du genre de celles qu'on vient d'indiquer, c'est qu'il intervient ici un jugement de la raison, qui n'a pas la forme d'un jugement logique, faute d'une définition précise du genre ou de la famille, et d'une mesure précise de la proximité générique, mais qui n'en doit pas moins être accepté. Nous avons donné tant de développements dans un autre ouvrage à cette observation capitale, qu'il n'est nullement nécessaire d'y revenir. Nous tenons seulement à faire remarquer ici l'illusion où l'on tombe, en ce qui concerne l'idée d'espèce, quand on croit beaucoup gagner en cherchant une définition rigoureuse de l'espèce, propre à servir de critère logique, lorsqu'en fait, au moins pour l'immense majorité des cas, il est absolument nécessaire de recourir à l'appréciation instinctive des caractères, et absolument impossible d'appliquer la définition et de se servir du critère.

---

[1] *Essai.....*, chap. XI.

268. — D'un autre côté, les définitions dont il s'agit expriment autre chose que des conventions arbitraires. Ce qui le prouve, c'est justement cette appréciation que nous pouvons faire des distinctions spécifiques, indépendamment de toute définition. Car, autrement, elles ne cadreraient que par hasard, et en général ne cadreraient pas, pour les cas particuliers auxquels nous sommes en mesure de les appliquer en instituant des expériences convenables, avec l'idée générale que l'ensemble de la Nature vivante, à l'époque actuelle et aux époques anciennes, nous donne de la distinction spécifique. Il faut donc voir dans les formules dont il s'agit, non pas la définition de ce qui constitue l'essence de l'espèce, mais l'énoncé de certaines conséquences qui résultent en fait du mode de constitution des espèces. Il est très-remarquable que nous ne puissions indiquer l'origine d'aucune espèce, constater la transmutation d'aucune espèce, ni parvenir actuellement à mélanger les espèces, d'une manière durable. Evidemment, le maintien des distinctions spécifiques est entré dans l'économie générale de la Nature; s'il y a actuellement des exceptions à cette règle, elles ne peuvent être que très-accidentelles et sans importance; s'il y en a eu jadis de plus générales, elles n'ont pu être que de courte durée, dans des moments de crise où le cours habituel des choses était interverti. En effet, si l'on peut concevoir en théorie (263) que cette économie que nous observons ait été amenée à la longue, par le seul épuisement des combinaisons fortuites, opérant finalement le mélange de tout ce qui pouvait être mélangé, l'observation des faits anciens nous indique plutôt que,

dès l'origine, la Nature a eu en vue le maintien des distinctions spécifiques.

Et quand nous voyons l'homme opérer par son intervention des bouleversements étranges dans cet ordre naturel, au point de créer des races (inconsistantes, il est vrai) qui simulent des différences aussi grandes ou même plus grandes que celles au moyen desquelles nous distinguons, dans l'ordre de la Nature, une espèce d'une autre, ou même un genre d'un autre, nous comprenons que le plan préféré par la Nature pour la constitution des espèces n'est pas si étroitement lié aux conditions physiologiques de la vie, qu'il n'ait pu admettre des interversions sous l'influence de causes perturbatrices, au moins comparables en intensité à l'action perturbatrice que l'homme exerce actuellement. La Nature recèle en son sein plus de forces qu'elle n'a besoin d'en montrer et qu'elle n'en montre dans les circonstances ordinaires. A peine y a-t-il dans le cours ordinaire des choses, des exemples de greffes et de boutures naturelles ; l'homme a forcé la Nature à utiliser régulièrement à son profit, ce moyen de reproduction : pourquoi n'aurait-elle pas produit de même, sous la pression d'influeuces d'une autre sorte, ce qu'elle s'abstient de produire, en l'absence de pareilles sollicitations.

269. — Nous développerons dans les chapitres suivants ce qui a trait à l'origine et à la durée des espèces : disons seulement ici quelques mots de la grave question de l'invariabilité des espèces, que généralement on n'a pas posée avec toute la rigueur désirable. Pour pouvoir affirmer que le type d'une espèce n'a pas été modifié, dans les siècles écoulés depuis qu'ont été

enfouis dans les grottes ou dans les catacombes les représentants de l'espèce dont nous retrouvons les dépouilles, il ne suffit pas que ces dépouilles soient telles que pourraient les donner quelques-uns des représentants de l'espèce qui vivent aujourd'hui. Par exemple, on ne pourrait pas affirmer que la taille moyenne de l'espèce n'a pas changé, en se fondant sur ce qu'il y a aujourd'hui des individus de taille aussi grande que ceux dont on retrouve les dépouilles. Mais, si la catacombe renfermait quelques centaines d'individus adultes, de tailles diverses, on pourrait avancer avec une probabilité suffisante, que la taille moyenne est restée invariable, ou qu'elle a varié, et ainsi des autres caractères.

D'un autre côté, la taille moyenne pourrait avoir varié par l'effet du changement des influences climatériques, du régime, de la nourriture, du genre de vie, et non par des causes intrinsèques qui porteraient sur le type même de l'espèce; et la même chose peut se dire de caractères de plus grande importance. Il faudrait donc, pour pouvoir affirmer la variation du type spécifique, ou constater qu'il y a eu un changement dans les caractères sans changement correspondant dans les influences extérieures et dans les causes adventices, ou établir que de telles influences et de telles causes seraient insuffisantes pour rendre raison des différences observées dans les caractères.

270. — Après les *espèces* viennent les *genres*, dans la hiérarchie des classifications naturelles. Il y a sans doute en botanique, en zoologie, des genres artificiellement formés, par suite du besoin que nous avons de faire des classifications et d'y mettre de la symé-

trie; ceux-là n'ont aucune importance à notre point de vue : mais, en revanche, d'autres genres semblent aussi naturels ou même plus naturels que les espèces dans lesquelles on les démembre; de sorte que (comme on en a déjà judicieusement fait la remarque) le bon sens vulgaire et la langue commune qui en est l'expression, ont établi le genre, au sein duquel les naturalistes de profession procèdent péniblement, non sans de fréquentes contestations, à la détermination des espèces. D'autres fois, quand il s'agit d'espèces qui nous frappent ou nous intéressent particulièrement, le sens commun, la langue commune ont signalé les espèces, et la science a constitué le genre, sans que le genre cesse pour cela d'être fondé dans la Nature. De tout temps on a donné des noms distincts au cheval, à l'âne, au zèbre; et de tout temps aussi on a été frappé de l'affinité de ces espèces qui composent le genre *equus* des naturalistes. Ce genre notamment nous offre les exemples les plus connus d'hybridité entre espèces congénères, et de la stérilité ou de la fécondité bornée des produits hybrides. Il aurait été bien commode de pouvoir généraliser l'exemple, et de définir le genre, comme on définit l'espèce, à l'aide d'un caractère fourni par les alliances sexuelles : malheureusement l'observation répugne à une telle définition du genre; il n'a pas plu à la Nature de mettre une si parfaite harmonie entre l'ensemble des caractères typiques et les conditions de telle fonction physiologique (227).

271. — Déjà nous avons fait allusion (47) à la distinction entre les classifications purement logiques ou artificielles, les classifications rationnelles et les clas-

sifications naturelles. La classification naturelle est en même temps une classification rationnelle, en ce sens que dans un genre naturel (le genre *equus* par exemple), nous concevons que la ressemblance entre les espèces du genre ne peut pas être due à un concours fortuit de causes et d'événements, comme la ressemblance entre deux personnes que nous avons rencontrées, l'une à Rouen, l'autre à Marseille, et dont les familles et les alliances n'ont jamais eu rien de commun. Au contraire, nous admettons sans hésitation que les causes (quelles qu'elles soient) qui ont déterminé la constitution du genre, dominent celles qui, dans le sein du genre, ont amené la diversité des espèces. Mais le genre naturel implique de plus, avons-nous dit, l'idée d'une *parenté*, non de même espèce que la parenté ordinaire, mais qui doit s'en rapprocher par tout ce qui ne dépend point de la forme spéciale des appareils et des procédés de la génération ordinaire, par ce qu'il y a de général dans les procédés divers que suit la Nature vivante pour déployer son admirable fécondité, et pour engendrer sans cesse ce que la mort détruit sans cesse (205). Le chlore, le brôme, l'iode sont des radicaux chimiques très-naturellement, c'est-à-dire très-rationnellement associés (186) : mais on sent qu'on abuserait de la métaphore, en parlant de parenté entre le chlore et l'iode, et qu'on n'en abuse pas quand on parle de parenté entre l'âne et le zèbre. Voilà sans doute ce que Linnée a entendu exprimer à sa manière quand il a dit : *Character non facit genus, sed genus facit characterem*.

CHAPITRE VII.

DE L'HABITATION, DE LA PATRIE ET DE L'AGE OU DE LA SUCCESSION DES ESPÈCES.

272. — Plus les espèces sont élevées dans l'échelle de l'organisation, et par cela même rapprochées de nous, plus vif est pour nous l'intérêt qui s'attache à toutes les questions qui concernent leur habitation, leur patrie, questions étroitement liées (on le sent bien) à la question même de leur origine : mais aussi, moins ces questions deviennent accessibles, à cause de la complication du sujet. S'il y a quelque chance d'entamer peu à peu ces problèmes ardus, c'est apparemment en s'attaquant d'abord aux organismes qui présentent une moindre complexité. Les végétaux sont fixés au sol, et par cette raison, comme aussi à cause de la simplicité relative de leur organisation, la géographie des plantes, science d'origine pourtant si récente, doit se prêter à des observations plus faciles et plus concluantes que la géographie des espèces animales. Effectivement, on lui a vu faire en peu d'années de rapides progrès; et l'on peut dire que pour la curiosité philosophique, pour cette inquisition des causes qui offrira toujours aux esprits élevés un attrait irrésistible, les progrès de la géographie botanique auront désormais bien plus d'importance que n'en peuvent avoir les découvertes de quelques

espèces nouvelles, ou les perfectionnements apportés à la description de quelques détails de l'organisme.

On distingue avec raison la *station* des plantes, de leur *habitation* ou de leur patrie. Telle plante aime un sol humide ou marécageux, telle autre un sol sec ou pierreux; celle-ci ne peut vivre que dans les plaines chaudes, celle-là demande l'air froid et léger des montagnes : tous ces caractères déterminent la station de la plante, qui se définit, non par des noms propres géographiques, mais par un usage convenable des termes généraux de la langue. Si l'on dit au contraire qu'une plante se trouve au Pérou, au Brésil, au Japon, on indique par là même un caractère d'habitation : car, toutes les stations ne lui conviennent pas dans le pays qu'elle habite, et l'on pourrait trouver, dans les pays qu'elle n'habite pas, des stations semblables à celles où on la rencontre, dans le pays qu'elle habite.

Même sur des contrées d'une fort petite étendue, on ne rencontre pas la plante dans toutes les stations qui semblent identiques. Supposons que l'on parvienne à naturaliser l'espèce là où elle ne vivait pas auparavant : ce sera la preuve que sa primitive absence ne tenait qu'à l'enchaînement accidentel des faits antérieurs. Au cas contraire, il faudrait bien conclure que la plante est une sorte de réactif à l'aide duquel deviennent sensibles des différences de milieu que nous n'avons pas d'autres moyens d'apprécier. Cependant, même alors, il peut se faire que la plante ne devienne incapable de vivre dans le milieu nouveau, que par suite d'habitudes acquises à la longue dans un milieu tant soit peu différent, et qu'ainsi son absence, dans telle localité, soit encore un fait princi-

palement imputable au hasard des conjonctures originelles.

273. — De tels détails appartiennent plutôt à la topographie qu'à la géographie des plantes. On doit entendre par l'habitation géographique d'une plante la région dans laquelle on la rencontre, et où elle a pu se propager de proche en proche par les moyens naturels, quels qu'aient été le lieu précis et le mode originel de sa constitution spécifique : soit qu'un seul individu ou un petit nombre d'individus aient été primitivement souches de tous les autres; soit que les mêmes causes aient dès l'origine multiplié et disséminé les représentants de l'espèce. Si l'espèce est *dioïque*, il a bien fallu que le sujet mâle et le sujet femelle fussent constitués en même temps, tandis qu'à la rigueur, s'il s'agit d'espèces *monoïques*, il aurait suffi d'un seul sujet primitif. Quant aux espèces qu'on appelle *sociales*, qui ne peuvent se défendre ou se propager à l'état d'isolement des individus, il faut bien admettre que les choses se sont arrangées pour que, dès l'origine de l'espèce, celle-ci fût représentée par un certain nombre d'individus associés les uns aux autres, tout comme il faut admettre que l'espèce parasite n'a point apparu avant l'espèce qui la nourrit, ni l'espèce protégée avant celle qui lui sert de tutrice.

On pourra qualifier de *patrie* de la plante l'un des pays qu'elle habite, si l'on a des motifs de croire qu'elle y a été anciennement renfermée, et qu'elle s'est répandue de là dans les autres contrées où elle a son habitation. Par exemple, une espèce est essentiellement maritime, et ses représentants se montrent de

plus en plus clair-semés à mesure qu'on s'éloigne des côtes : dès lors il ne faut pas chercher loin des côtes le lieu où elle a dû faire sa première apparition. Au contraire, une espèce alpestre, qui foisonne au sommet d'une montagne, et devient de plus en plus rare à mesure que l'on redescend dans les plaines, a certainement pour patrie la région culminante de la montagne, si on ne la rencontre nulle part ailleurs à la même altitude, ou si elle ne se retrouve à la même altitude (sur d'autres montagnes isolées ou sur d'autres chaînes) qu'à des distances tellement grandes, que l'impossibilité du transport des semences reste, sinon démontrée rigoureusement (car il n'est guère permis d'espérer en pareil cas une démonstration rigoureuse), du moins extrêmement probable. Les espèces qu'on retrouve dans plusieurs régions, tellement distinctes et séparées les unes des autres, qu'on ne peut pas vraisemblablement admettre qu'à aucune des époques géologiques contemporaines de l'existence de l'espèce, celle-ci ait pu naturellement se propager d'une région à l'autre, sont ce que M. Alph. de Candolle a nommé des *espèces disjointes;* mais le nombre en est relativement petit. Il faut admettre alors que les mêmes causes ou des causes analogues ont déterminé la première apparition de la même espèce dans des localités différentes et très-distinctes : ce qui d'ailleurs n'exclut pas la possibilité de plusieurs patries ou centres primitifs de propagation, pour des espèces non disjointes.

274. — Lorsqu'un obstacle naturel qui n'existait pas à des époques géologiques antérieures, tel qu'une chaîne de montagnes ou un bras de mer, limite actuel-

lement l'habitation d'une espèce, quoique de l'autre côté de l'obstacle, les conditions d'habitat paraissent toutes les mêmes, il devient probable que la constitution de l'espèce est postérieure au soulèvement de la chaîne, à l'irruption de la mer. Au cas contraire, où l'espèce habite de part et d'autre de l'obstacle, il y a de bons motifs de croire que la fixation de l'espèce est antérieure à la catastrophe géologique; ou du moins que tout ce qu'il y a eu primitivement d'accidentel et d'imputable à des particularités historiques dans les origines de l'espèce est antérieur à cette catastrophe : car, depuis la catastrophe, les mêmes influences extérieures, agissant de la même manière de part et d'autre de l'obstacle, sur la même espèce non encore fixée, auraient pu lui imprimer les mêmes modifications; et l'hypothèse de brusques changements nous reporte vers de très-anciennes époques où les espèces, peut-être plus flexibles qu'aujourd'hui (264), n'étaient pas nécessairement condamnées à périr par cela seul que les conditions extérieures changeaient brusquement. On aperçoit ainsi comment les questions de géologie se lient aux questions sur la distribution géographique et sur les époques de fixation des espèces, et comment les unes peuvent mener à la solution des autres.

Dans l'ordre actuel des choses, des changements lents survenus dans les influences climatologiques ou dans la constitution du sol peuvent bien resserrer ou étendre peu à peu l'habitation d'une espèce; mais on ne voit guère que l'action de l'homme qui puisse opérer le brusque transport des espèces végétales des contrées où la Nature les avait originairement placées,

dans d'autres contrées où pendant longtemps elles n'avaient point habité. A ce sujet, il faut bien distinguer entre l'acclimatation et la naturalisation proprement dite. L'homme a acclimaté beaucoup d'espèces, objets de ses soins et de sa culture, tandis qu'il y en a bien peu qu'il soit parvenu à naturaliser, dans la véritable acception du mot, c'est-à-dire à propager hors de leur habitation naturelle, de manière que l'espèce finisse par se complaire là où il l'a mise et à s'y propager sans les soins de l'homme, comme dans une patrie d'adoption. Il a, par exemple, répandu l'agave du Mexique sur les côtes de la Méditerranée où elle se multiplie si spontanément, et paraît si bien en harmonie avec les conditions du climat, que l'homme semble n'avoir fait, en l'y transportant, que réparer un oubli de la Nature. Mais de tels exemples sont rares, et l'on dirait qu'ils ne s'offrent que pour nous prémunir contre l'idée spécieuse et trop absolue, que la Nature a mis partout, en fait d'organismes, tout ce qu'elle y pouvait mettre, de même qu'elle aurait dû, au gré de certains philosophes, réaliser tous les types réalisables (231). La liste des espèces effectivement naturalisées par le fait de l'homme, est une liste relativement fort courte, et même la plupart des espèces qui y figurent ne sont pas de celles que l'homme cultive, auxquelles il attache du prix, et qu'il aurait propagées avec intention. Presque toutes nos espèces exotiques cultivées, même les mieux acclimatées et les plus robustes (le lilas par exemple) disparaissent promptement hors de nos cultures, dès qu'elles nous échappent, ou que l'homme leur rend la liberté et cesse d'en seconder la propagation.

275. — On peut tracer la circonscription géographique d'un genre, d'une famille, comme celle d'une espèce. Si de pareils groupes n'avaient qu'une valeur de convention et de classification, les résultats de ce travail n'auraient pas grand intérêt, mais ils en prennent un très-grand lorsqu'il s'agit de groupes vraiment naturels, dont la physionomie commune ne nous paraît pouvoir résulter que d'un lien originel (271). A certains égards, la discussion de la distribution géographique des genres et des familles a plus de valeur scientifique et philosophique que celle de la distribution des espèces. Qu'une espèce abonde dans telle localité, même sur de vastes steppes, cela peut tenir à des particularités très-secondaires d'un état de choses relativement très-moderne : mais, que des espèces congénères et bien naturellement associées (comme les bruyères du Cap) soient groupées dans certains centres d'habitation, hors desquels le genre ne compte plus que quelques espèces isolées et comme égarées, cela indique clairement qu'à des époques très-reculées, la ramification très-mystérieuse du genre en espèces, ou la fixation des espèces sous l'empire de lois dominantes qui leur imprimaient une communauté générique, se sont accomplies de préférence non loin des lieux, et très-probablement sur les lieux mêmes qui sont aujourd'hui le siége principal de la forme générique; sans que les crises géologiques survenues depuis aient grandement troublé l'association primitive des formes congénères. Il y aura les conséquences les plus curieuses et les plus importantes à tirer de là, tant en ce qui concerne l'histoire des révolutions géologiques, qu'en ce qui

touche l'origine et la dérivation des types organiques.

276. — Dans cette méthode que nous avons indiquée d'abord, comme étant celle qui semble la plus élémentaire, la plus logique et la plus sûre, on procéderait patiemment d'une espèce à une autre, d'un genre à un autre, et l'on recomposerait ainsi chaque flore locale, par la superposition des habitations de toutes les espèces particulières. Mais, outre le travail immense qu'exigerait une pareille discussion, pour être complète, on courrait encore souvent le risque (comme dans l'application de toute méthode purement logique) de mettre sur la même ligne des faits qui n'ont pas la même valeur rationnelle, et de négliger ce qu'on ne peut guère saisir ou déterminer par des procédés logiques, à savoir certaines ressemblances générales de physionomie. On peut traiter le sujet d'une autre manière, qui n'offre ni les mêmes longueurs, ni les mêmes inconvénients, et que les travaux d'Alexandre de Humboldt ont surtout préconisée. En effet, il n'est pas besoin de tant d'ambages pour construire, à l'aide d'un certain nombre de flores régionales, une sorte de statistique botanique, d'où l'on conclura immédiatement dans quelle proportion se trouvent représentés chaque genre, chaque ordre, chaque famille, chaque classe, suivant qu'on se place à telle latitude, à telle altitude, ou suivant qu'on embrasse tel espace géographiquement délimité : non pas, bien entendu, en vertu d'une géographie politique ou de convention, mais sur une carte dont la Nature elle-même a dessiné les contours. Les nombres d'où l'on conclut de tels rapports se trouvent déjà assez considérables pour que l'expression des

rapports ne soit pas sensiblement altérée par les accidents fortuits, et pour qu'on démêle avec sûreté des lois générales, qui tiennent à l'essence des types organiques et qui méritent toute l'attention du philosophe.

On est frappé tout d'abord des répétitions que présente l'échelle des altitudes, comparée à celle des latitudes. La flore des Andes et celle de l'Himalaya rappellent nos flores européennes, à de faibles altitudes; nos flores alpestres rappellent celles des contrées polaires; les espèces, les genres même ne sont pas le plus souvent identiques, mais analogues. Il y a une part faite à la ressemblance et une à la diversité des influences extérieures et permanentes; il y a une troisième part à faire aux circonstances originelles. Mais, quand on embrasse de vastes contrées, sur l'étendue desquelles les conditions de climat et d'altitude varient notablement, cette troisième part devient prépondérante, et met en relief, suivant qu'elle est faible ou forte dans un sens absolu, tantôt de grandes ressemblances, tantôt de bien frappantes différences dans les causes et les conditions originelles. La flore européenne se distingue bien de la flore de l'Amérique du Nord et de celle de la Chine ou du Japon : mais la flore de l'Australie diffère encore plus de celle du continent asiatique et la flore de Madagascar de la flore du Cap. On dirait autant de parties du Monde, au sens botanique, les unes très-vastes, les autres relativement très-petites. La mappemonde terrestre actuelle explique en partie ces compartiments botaniques, mais ne les explique pas complètement, de sorte que leur première origine doit vraisemblable-

ment remonter à des époques géologiques antérieures. Tous ces faits ressortent de l'investigation statistique dont il vient d'être question; mais on pourrait mettre de côté la précision des nombres, et ils seraient encore accusés par ce *facies* général, par ces traits de physionomie que les chiffres n'indiquent pas, que l'on ne peut rendre qu'en employant les formes pittoresques du langage, et qu'on a souvent rendus avec bonheur, quand les dons de l'imagination et le talent de l'écrivain se sont trouvés réunis à la science du naturaliste.

277. — Avec plus de complication et de diversité dans les détails, toutes ces considérations sont ou seront un jour applicables aux espèces animales et aux faunes comparées. Il faudra d'abord tenir compte des différences essentielles entre les milieux, et envisager séparément les espèces marines, fluviatiles, et les espèces terrestres ou aériennes : car, tandis que la flore marine est bien pauvre en comparaison de la flore terrestre, la vie animale semble répandue avec plus de profusion encore au sein de l'Océan qu'à la surface des terres émergées; et d'un autre côté, l'isolement naturel des habitations fluviatiles ou lacustres, leur origine incontestablement toute moderne, dans le sens géologique du mot, doivent particulièrement se prêter à des rapprochements propres à jeter du jour sur la formation des espèces et sur les dernières phases de l'histoire géologique.

Beaucoup d'espèces animales sont fixées au sol comme les végétaux, ou vivent en parasites sur des végétaux. Dans toutes les espèces animales placées audessous de la classe des vertébrés et même pour plu-

sieurs vertébrés, le mode de génération ovipare, la petitesse des œufs (comparables à ce point de vue aux graines des végétaux) donnent pareillement lieu à une dissémination de proche en proche, à l'aide des véhicules naturels; et de là doit résulter une assez grande analogie entre les lois qui président à la circonscription géographique des plantes, et celles qui déterminent les limites de l'habitation des espèces dont il s'agit, et de leur extension hors de la patrie originelle. Les migrations lointaines de certaines espèces sociales, lesquelles s'effectuent par grandes masses et reviennent périodiquement, dont le point de départ et le terme sont presque toujours invariables, ne changent pas essentiellement les conditions du problème.

278. — Il en est autrement pour les espèces supérieures dont les individus semblent avoir acquis plus d'indépendance, et, si l'on peut parler ainsi, plus de liberté. Ces espèces tendent à se propager partout où leur propagation n'est pas absolument arrêtée, soit par des influences extérieures tout-à-fait contraires, soit par des obstacles physiques qui rendent toute communication impossible. C'est surtout pour ces espèces qu'il peut y avoir une énorme disproportion entre l'étendue de la patrie originelle et celle de l'habitation actuelle, et que l'idée de la descendance d'un couple primitif s'est de tout temps offerte à l'esprit des hommes. Ce sont aussi ces types qui doivent de préférence se fusionner toutes les fois que la fusion est possible (263). A cause de l'étendue de l'habitation et de la facilité des fusions, il y a pour ce qui les concerne plus d'incertitudes sur la caractéristique des

espèces et des races; et souvent des différences qui paraissent très-sensibles sur des individus pris à de grandes distances les uns des autres, se fondent et perdent de leur valeur caractéristique lorsque l'on rétablit les anneaux intermédiaires de la chaîne.

279. — Outre la distribution géographique des espèces vivantes, dans l'ordre actuel des choses, il y a à considérer la distribution et la succession des espèces éteintes, et des types d'ordre supérieur auxquelles elles appartenaient dans les anciennes époques géologiques. D'une part nous voyons très-clairement que les périodes géologiques successives, correspondant à des conditions différentes de température et d'humidité, à une constitution différente de l'atmosphère et des eaux, ont dû avoir des formes organiques aussi diversifiées que les conditions extérieures avec lesquelles il fallait bien que les formes et les fonctions organiques se missent en harmonie. D'autre part tout nous indique qu'autant la succession d'une époque à l'autre présentait de changements, autant les conditions locales présentaient d'uniformité à ces époques reculées. Plus nous remontons haut dans la série des temps, plus grande a dû être l'uniformité des conditions locales, plus grande aussi paraît avoir été l'uniformité de la création organique, à en juger par les débris en si grand nombre qui nous en restent. D'où cette conséquence, que, dans l'état de nos connaissances, nous sommes dispensés d'étudier une distribution géographique correspondant à chaque étage géologique; en d'autres termes, que la paléontologie nous renseigne sur une distribution selon les temps, abstraction faite des lieux, de même qu'il s'agit, dans

les problèmes ordinaires de la géographie botanique ou zoologique, d'une distribution selon les lieux, abstraction faite des temps, eu égard au peu d'importance des changements que l'ordre actuel comporte.

Il y a surtout une classe de débris fossiles qui, en raison de leur abondance et de leur degré de conservation, se montrent particulièrement propres à caractériser les étages géologiques, et en même temps à nous renseigner sur les circonstances du prodigieux phénomène de la succession et du remplacement des espèces. On voit bien que nous voulons parler des coquilles fossiles. Les espèces animales auxquelles elles ont appartenu n'avaient guère plus de mobilité que des plantes; les individus pullulaient à côté les uns des autres; on ne supposera pas que, pour chaque espèce, les descendants d'un individu primitif aient de proche en proche recouvert ou à peu près la surface entière de la planète; la durée de la formation de chaque feuillet géologique, si grande qu'elle ait pu être, ne suffirait pas pour cela. L'anatomie de ces feuillets, déjà poussée si loin, donne lieu à des rapprochements assez multipliés, à des chiffres statistiques assez considérables, pour que l'on puisse prétendre en pareille matière à la certitude scientifique.

280. — Or, dès qu'on aborde les détails, on remarque dans la série paléontologique ainsi étudiée, à l'aide d'espèces animales aussi bas placées dans la série zoologique, quelque chose d'analogue à ce que présente la distribution géographique des espèces. Il y a des espèces qui ne se trouvent pas dans telles localités géographiques, parce qu'elles n'y auraient pu vivre; d'autres se trouvent dans telle localité géogra-

phique et non dans telle autre, quoique l'expérience démontre qu'elles peuvent aussi bien vivre dans l'une que dans l'autre. De même on reconnaît que certaines espèces ont été détruites brusquement par quelque violente catastrophe, ou ont dû s'éteindre progressivement, parce que la nature du milieu changeait avec lenteur; mais il semble aussi que beaucoup d'espèces aient apparu, aient cessé de vivre, se soient progressivement multipliées ou éteintes, sans cause apparente de changements notables dans les influences extérieures, sans changement appréciable dans la nature du terrain, ou lorsque les changements qu'on peut apprécier sont beaucoup moindres que d'autres qui n'ont pas empêché la même espèce de vivre et d'être aussi abondante[1]. Chaque espèce aurait donc ainsi en elle-même, indépendamment de l'action des milieux ambiants, son *âge* ou son *époque* assignée dans la série des temps géologiques. Une telle conséquence répugnerait en cosmologie inorganique : car, elle irait contre ce principe de la raison que toute identité dans les causes emporte l'identité dans les effets (178), et contre la notion de la matérialité qui ne permet d'expliquer que par le changement de disposition des parties du système matériel qui s'influencent les unes les autres, le changement des effets produits. Mais, si le principe de la vie est une force, une idée, une pensée supérieure qui subsiste sans nécessité d'inhérence à un *substratum* matériel, il n'y a plus de contradiction à admettre que cette force,

[1] Voyez à ce sujet les remarques curieuses contenues dans une *Thèse* de M. Contejean, soutenue devant la Faculté des Sciences de Besançon. Montbéliard, 1859, in 4°.

cette idée, cette pensée supérieure contient en elle-même sa raison d'agir, et de se manifester diversement à différentes époques (248).

281. — Une telle conjecture ne peut se produire sans qu'on soit immédiatement tenté de la mettre en regard d'une autre idée plus ancienne, celle d'une loi de développement en vertu de laquelle il y aurait un progrès général dans la composition et l'élévation des types organiques, à mesure qu'on s'élèverait dans la série des étages géologiques : mais, pour la juste appréciation de cette dernière idée, il y a beaucoup de précautions à prendre; il faut bien distinguer entre ce qui est une suite de la nécessité des harmonies fonctionnelles, et ce qui dépendrait d'une direction imprimée à l'évolution des types, indépendamment des harmonies fonctionnelles et de l'influence des milieux (227 *et suiv.*).

Les grandes coupes du règne organique sont en relation manifeste avec la nature des milieux. Les espèces aquatiques ont en général une organisation inférieure à celle des espèces terrestres et aériennes. Donc, par cela seul que la portion émergée de l'enveloppe terrestre allait en s'étendant, des types d'une organisation plus relevée ont dû successivement apparaître; et à mesure que cette portion émergée offrait moins de découpures, par la substitution de grandes masses continentales aux archipels primitifs, les circonstances devenaient plus favorables à la multiplication des formes parmi les espèces terrestres et aériennes, conséquemment à l'apparition de certaines formes plus parfaites que d'autres.

Mais en outre, dans le même milieu, aux mêmes

stations, sous les mêmes influences extérieures, il y a une inégalité non moins apparente dans l'élévation et la composition des types qui vivent côte à côte : et si de tels types ont apparu successivement, dans un ordre qui offre des traits (au moins généraux) de correspondance avec l'ordre de composition, il y aura dans cette correspondance quelque chose d'inexplicable par les seules harmonies fonctionnelles.

Dans le règne végétal, la simplicité (relativement plus grande) des formes, l'uniformité (aussi relativement plus grande) du plan général, font que le vulgaire est moins frappé de la progression des types, et qu'en revanche les savants tombent plus facilement d'accord sur leur rang hiérarchique (224). Le vulgaire n'est pas bien frappé sans doute de la grande supériorité de l'organisation d'un pissenlit sur celle d'une tulipe, de l'organisation d'un tilleul sur celle d'un pin ou d'un palmier : mais aussi l'existence d'une telle supériorité ne fait pas question entre les botanistes; et du moment qu'elle est admise, chacun tombe d'accord qu'il y a une relation évidente entre l'ordre d'apparition des principaux types végétaux et l'ordre de leur perfection organique. Les végétaux cryptogames ont précédé les végétaux phanérogames; les monocotylédones croissaient en grand nombre à la surface des terres émergées lorsque les dicotylédones ne se montraient pas encore; et entre celles-ci les espèces qui portent par excellence le nom de *composées*, à cause de la disposition de leurs fleurs, se sont montrées plus tardivement que d'autres. D'ailleurs, comme il est absolument impossible, même dans le règne végétal, d'exprimer par une série linéaire et unique (230)

l'ordre de composition relative; comme d'autre part, en raison de la diversité des lieux, l'ordre d'apparition dans la série paléontologique ne comporte pas non plus une expression rigoureuse à l'aide d'une série linéaire et unique, il est clair que l'on ne peut songer à constater qu'une correspondance générale entre les deux ordres de faits, sans s'arrêter aux discussions et aux objections de détail.

282. — A plus forte raison doit-il en être de même lorsqu'il s'agit du règne animal dont les grands *embranchements*, comme Cuvier les appelle, offrent de telles diversités de plan, qu'il serait absurde de les vouloir ranger dans une même série. Il y a des mollusques plus parfaits que d'autres dans leur organisation, et des insectes d'une organisation plus élevée que ne l'est celle d'autres insectes : mais, comment se prononcer sur la perfection relative du type du mollusque et du type de l'insecte? Quand on arrive aux vertébrés, la question change de face, tant sont bien établies la supériorité organique du type des vertébrés sur tous les autres types de l'animalité, et l'unité de plan organique dans toute la série des vertébrés. Aussi ne met-on pas en doute que les vertébrés n'aient apparu bien après les types inférieurs, et que l'ordre d'apparition des quatre grandes classes de vertébrés ne soit en correspondance avec l'ordre de prééminence organique; enfin que, dans la classe des mammifères qui nous touche de plus près, les types les plus perfectionnés n'aient apparu les derniers. De tels résultats, rapprochés de ceux que nous présente le règne végétal, suffisent sans doute pour justifier l'idée d'une corrélation générale entre l'ordre d'apparition

des types et leur perfection relative. Cependant les objections de détail prennent ici plus de gravité. On fait remarquer que rien n'annonce un perfectionnement d'espèce à espèce, selon l'ordre des temps, dans les embranchements inférieurs du règne animal; que parmi les vertébrés mêmes, la classe des poissons et celle des reptiles offrent de nombreux exemples d'espèces, de genres modernes, substitués à des espèces, à des genres plus anciens qui les surpassaient en composition organique : de sorte qu'il y aurait toujours à faire une part à une cause insaisissable de distribution chronologique, comme de distribution géographique des espèces.

Outre les caractères qui servent à définir scientifiquement les espèces propres à chaque grande époque géologique, il y a une certaine physionomie générale que les définitions n'expriment pas (276), mais que l'imagination reproduit à l'aide des renseignements de la science, et qui ne caractérise pas moins bien les faunes ou les flores des antiques périodes. A la vue de certaines espèces singulières, telles que le baobab ou la girafe, il nous semble que nous avons sous les yeux quelques survivants d'une population détruite, destinés à vivre dans un monde différent du nôtre, et en quelque sorte égarés dans celui-ci, de même que certaines espèces se trouvent géographiquement égarées loin des zônes où vivent leurs congénères et toutes celles qui ont avec elles des ressemblances générales de physionomie et de mœurs (275).

CHAPITRE VIII.

DE L'ORIGINE DES ESPÈCES, ET DE L'IDÉE DE CRÉATION ORGANIQUE.

283. — De toutes les questions qui dépassent la portée de l'observation scientifique, il n'y en a point qui tiennent de plus près à la science et à l'ordre des faits observables, que celles qui portent sur les origines de chaque espèce organique et sur les causes de la diversité des espèces selon les temps et selon les lieux. L'impossibilité de les résoudre scientifiquement amène une véritable lacune dans le système de nos connaissances scientifiques : lacune que la raison éprouve le besoin de combler, et qu'elle n'a pu jusqu'à présent tenter de combler, sans que les faits acquis à la science, le cours actuel des choses, les données de la paléontologie ne vinssent, en apparence au moins, contredire et dérouter ses conjectures.

Mais, dira-t-on, puisqu'il est reconnu que ces questions ne peuvent être scientifiquement résolues, ne serait-il pas plus simple et plus sensé de mettre à l'écart tout ce qui ne comporte pas de détermination scientifique? Il faut distinguer. Nous sommes condamnés à une ignorance invincible sur certaines choses que tout esprit sensé juge par cela même fort inutile de discuter, et qui ne se prêtent qu'à des jeux d'imagination. On fera, par exemple, un roman sur le monde de Jupiter ou sur celui de Saturne, sur la struc-

ture, la taille, les idées des êtres qui les habitent : il y aura là un cadre philosophique ingénieux, quoique fort étranger à la science et même à toute philosophie sévère. Il nous serait donné d'explorer ces mondes lointains, s'ils existent, que cela augmenterait la masse de nos connaissances scientifiques, sans en changer la forme ou le cadre, qui est l'objet dont la philosophie s'occupe essentiellement, et pour lequel elle intervient inévitablement dans la discussion de toutes nos connaissances scientifiques. Avant comme après la découverte des animaux et des plantes qui peuplent l'Amérique, la question (scientifiquement insoluble) de l'origine des êtres vivants, s'est nécessairement mêlée à toute investigation scientifique de la Nature vivante, a été sans cesse réveillée par tous les progrès que la science a faits. La situation serait encore la même, si une exploration scientifique des mondes de Jupiter et de Saturne devenait possible, d'impossible qu'elle est certainement. A quoi bon dès lors agiter philosophiquement des questions qui n'intéressent pas foncièrement la philosophie, mais seulement la science, et sur lesquelles la science n'a pas de prise ! De telles questions ne doivent pas être confondues avec celles qui tiennent à ce qu'il y a d'essentiel dans la nature de l'esprit humain et de ses rapports avec le monde extérieur : pour celles-ci, quelle que soit son impuissance à les résoudre par voie scientifique, il ne peut faire qu'elles ne s'imposent à lui, qu'elles ne pèsent sur lui d'un poids contre lequel il réagit de tous ses efforts, appelant une solution religieuse ou philosophique là où la solution scientifique lui est refusée.

284. — D'ailleurs, si nous ne pouvons arriver à l'une de ces solutions que la science enregistre, nous sommes vraiment capables d'assigner, soit d'après les lumières du simple bon sens, soit d'après les données de l'observation scientifique, les conditions que les solutions doivent remplir pour être admissibles, et de rejeter absolument certaines solutions, comme irrationnelles ou comme contraires à des faits scientifiquement avérés. Ainsi l'on ne discutera pas, entre philosophes, l'hypothèse qui consisterait à supposer qu'un chêne, un cheval, un éléphant ont été soudainement formés de toutes pièces, soit que les matériaux requis pour cela aient passé, soudainement aussi, du néant à l'être, soit qu'ils aient accouru de divers points pour venir former les composés chimiques, les humeurs, les tissus, les organes qui entrent dans la structure de l'arbre ou de l'animal. Ce serait substituer à une opération mystérieuse de la Nature, au miracle proprement dit, un fait merveilleux, contraire, non-seulement à ce que nous savons des procédés actuels et habituels de la Nature, mais à l'idée fondamentale que nous nous faisons et devons nous faire des conditions d'une opération naturelle. De tels faits peuvent être imposés à la croyance de l'homme dans l'ordre religieux, en tant que fondements nécessaires de l'établissement religieux : ils ne sauraient devenir l'objet d'une discussion philosophique ou rationnelle, en tant que principes de l'explication des faits naturels.

285. — Mettons en face une autre hypothèse. Nous voyons qu'un fragment de végétal (un tronçon de rameau ou de racine, un lambeau de feuille) peut, dans

des circonstances convenables, reproduire le végétal entier, avec tous ses appareils de floraison et de fructification, dont tous les caractères typiques, toutes les habitudes acquises dans la série des générations antérieures, toutes les aptitudes organiques, jusques dans leurs moindres détails, se trouveront déterminés par ce qu'il y a de plus simple dans l'organisation végétale, par un paquet de cellules pris au hasard sur la plante-mère : et une seule cellule, peut-être un fragment de cellule aurait probablement la même vertu, si nous possédions des instruments qui nous permissent de le saisir et de l'isoler pour le replacer ensuite dans des conditions favorables à son développement. Il ne serait ni plus, ni moins surprenant que cette même cellule, à une autre époque, dans d'autres circonstances, à une autre phase de la puissance plastique de la Nature, lorsque les types organiques avaient encore une flexibilité qu'ils ont perdue depuis, eût pu (selon le genre des excitations et des influences extérieures, ou par la sollicitation d'une force interne qui tendait à une fin aujourd'hui atteinte) régénérer des organismes aussi distincts les uns des autres qu'une espèce l'est aujourd'hui d'une autre espèce, ou même un genre d'un autre genre. Ce n'est qu'un postulat sans doute, mais c'est un postulat qui n'impose à l'entendement aucune charge nouvelle, qu'il n'en coûte pas plus de concevoir, qu'il est même en un sens plus aisé de concevoir, que de concevoir les faits observés qu'il faut bien admettre.

La vertu qu'il ne répugne pas d'attribuer à une simple cellule, on peut bien supposer qu'elle réside ou qu'elle a résidé dans une graine, dans un spore,

dans un organe quelconque ou rudiment d'organe plus spécialement approprié à la reproduction des plantes. Enfin, s'il est une bonne fois établi (258) que, dans des expériences de laboratoire et dans des milieux artificiellement préparés par nous, certains organismes (de l'ordre le plus infime, il est vrai) peuvent se former de toutes pièces, il n'y aura plus rien de déraisonnable à admettre que dans d'autres conditions, sous d'autres influences, les germes d'organismes plus parfaits ont pu être de même formés de toutes pièces dans des milieux appropriés.

286. — Il faut que nous indiquions ici de notre mieux le nœud de la difficulté, puisqu'aussi bien les philosophes et les savants qui se sont occupés de ces abstruses questions ne semblent pas l'avoir aperçu : il faut que nous fassions toucher du doigt la différence qui sépare le miracle ou le prodige que les philosophes ne discutent pas, d'avec le mystère auquel il est bien force que la raison se résigne; et ce qui contredit les maximes immuables de la raison, d'avec ce qui ne fait que contredire les observations conclues du cours actuel des choses. En d'autres termes, il faut que nous expliquions pourquoi une formation organique de toutes pièces n'est qu'un mystère tant qu'on reste dans la sphère des actions infinitésimales, et deviendrait un miracle si l'on sortait de cette sphère et des conditions de l'organisme naissant.

La raison, disons-nous, répugne à admettre qu'un chêne se forme de toutes pièces, et elle ne répugne pas à admettre quelque chose de semblable pour l'embryon du chêne : d'où vient cela? Est-ce parce que nous sommes bien sûrs que dans l'ordre actuel

des choses les chênes ne se forment pas ainsi, tandis que l'embryon du chêne pourrait bien se former quelque part de toutes pièces à notre insu? Point du tout. Est-ce parce que la grosseur du chêne surpasse énormément celle de l'embryon? Pas du tout encore. Mais, c'est parce qu'en sciant transversalement le chêne, nous distinguons et comptons des couches ligneuses qui sont autant de témoins irrécusables des accroissements que le chêne a reçus les uns après les autres, dans la suite de ses végétations annuelles, de sorte que par là nous pouvons fixer l'âge du tronc et celui de chaque branche. Sans cela, il serait extraordinaire (c'est-à-dire contraire à l'ordre actuel des choses), mais non point impossible et absurde qu'un chêne crût en quinze jours comme la hampe de l'agave, dont les dimensions surpassent énormément celles d'une humble graminée, et qui pousse aussi vite. Au contraire, la formation soudaine d'une tige ligneuse dont la structure implique l'emboîtement de couches annuelles successives, serait une sorte d'absurdité de la Nature, un démenti donné aux règles de la raison qui dominent celles de toute opération naturelle. Ce serait aller contre le sens commun que de supposer (comme l'ont fait plus d'une fois d'estimables savants) que les dimensions du pétrin et la masse de la pâte peuvent influer sur le produit de la fermentation, au point de former un chêne de toutes pièces, quand les dimensions du pétrin surpassent les dimensions des verres où nous faisons nos expériences, autant que les dimensions du chêne surpassent celles du cryptogame microscopique que nous créons ou croyons créer dans nos expériences.

On ne trouve pas dans le règne animal quelque chose qui rappelle précisément le phénomène de l'emboîtement des couches ligneuses annuelles, mais on y trouve l'équivalent quant au point qui nous occupe. Effectivement, le jeune animal a besoin de puiser à la longue dans le monde ambiant les matériaux spécifiquement appropriés à chaque partie de son organisme, et le plus souvent il ne les trouverait pas réunis sur place avec une abondance suffisante : il faut qu'il aille les chercher au loin, et que le triage s'en fasse dans l'acte de la nutrition (250); il faut au moins, s'il reste en place, qu'un temps suffisant se soit écoulé, pour que les milieux qui le baignent lui aient apporté ces matériaux en proportions suffisantes. Il a besoin de calcaire pour la construction d'une coquille ou d'une charpente osseuse, de phosphore qui entre essentiellement dans le tissu de certains organes, de fer qui est indispensable à la constitution normale de certaines humeurs. Il est donc naturellement impossible que l'animal apparaisse tout formé avec sa coquille, ses os, ses tissus, ses humeurs : le mystère de la génération ou de la formation de toutes pièces ne peut porter que sur la phase embryonnaire de l'organisme, sur l'organisme à l'état naissant, dont les matériaux se trouvent partout ou presque partout. La grandeur du vase où la Nature expérimenterait ne fait absolument rien à la chose : on n'en fera pas sortir un éléphant tout formé avec sa trompe et ses défenses, et il n'y a rien à conclure ici du petit au grand (188).

287. — Nos hypothèses sur la formation des espèces organiques sont encore soumises à une autre

condition. Car, ce serait méconnaître l'essence même du principe des manifestations vitales que d'attribuer à des excitations physiques et extérieures le rôle principal dans le phénomène où l'énergie propre du principe vital se montre à son plus haut degré, à savoir dans la production d'un type nouveau. Autant l'énergie vitale déployée dans l'acte de la génération ordinaire surpasse celle qui est requise pour les fonctions habituelles, dont l'objet est la nutrition et l'entretien de l'individu (256), autant elle doit être surpassée par celle que la Nature déploie lorsqu'il s'agit de produire de nouveaux types. Cependant, nous ne nous avisons pas d'attribuer aux stimulants extérieurs, aux retours d'une température plus tiède, à une alimentation plus abondante, la part principale dans le phénomène de la génération ordinaire (244). Les différences que nous observons à cet égard d'un type à l'autre, sous l'influence des mêmes excitations extérieures, nous dénotent bien que la part principale revient au contraire à la constitution du type et à la puissance vitale que la Nature a mise en lui, pour une fin déterminée. Donc il est conforme à toutes les analogies de croire qu'on chercherait vainement, dans des causes physiques extérieures, l'explication suffisante du grand phénomène de la constitution des espèces actuelles et de celles qui les ont précédées.

L'observation cadre en effet avec ces vues générales. Pourquoi ne se produit-il plus sous nos yeux d'espèces nouvelles, au moins dans les types supérieurs qui nous sont bien connus? Serait-ce parce qu'il n'y a plus de crises géologiques comme celles qui ont provoqué ou accompagné la rénovation et la refonte des types? Mais

on répondra que l'ordre actuel des choses n'exclut pas des perturbations (telles que les éruptions volcaniques et les tremblements de terre) dues aux mêmes causes physiques que celles qui ont autrefois labouré et bouleversé sur une beaucoup plus grande échelle la croûte de notre planète. Or, on ne remarque pas que les mêmes graines régénèrent des espèces différentes, suivant qu'elles sont semées sur les flancs neigeux de la montagne ou près du cratère en ignition, suivant qu'on les transporte près de l'équateur ou près des pôles. Elles lèvent ou elles avortent, suivant qu'elles trouvent ou ne trouvent pas un milieu favorable, une exposition propice, mais elles ne régénèrent pas, tantôt une espèce, tantôt une autre, selon la nature des excitations physiques et des milieux.

288. — La paléontologie fournit un critère bien plus décisif, en nous certifiant la brièveté relative des époques d'ébranlement et de transformation, et par conséquent l'intervention nécessaire d'un principe instinctif et dirigeant, qui marche au but final plus rapidement que ne pourraient le faire le jeu des combinaisons purement fortuites et le caprice des causes extérieures. Si, dans le passage d'une période géologique à une autre, les types s'étaient graduellement et lentement modifiés par suite du changement des circonstances extérieures, ou si des ébauches de types nouveaux avaient avorté les uns après les autres, jusqu'à ce que, par le lent épuisement des combinaisons fortuites, les types stables eussent enfin prévalu, la paléontologie offrirait des vestiges de ces époques de transition, de confusion organique, et l'on retrouverait des échantillons de ces formes passagères, de ces

essais manqués. Or, rien de tout cela ne s'observe. Le passage d'une flore fossile à une autre, d'une faune fossile à une autre, paraît net et tranché, sans types intermédiaires, flottants ou indécis : ce qui n'exclut pourtant, ni le mélange de flores et de faunes distinctes, à la surface de contact de deux formations géologiques, ni la continuation d'existence de certaines espèces pendant plusieurs formations consécutives, ni même leur réapparition à de certains intervalles. Nous ne savons rien ou presque rien sur la durée absolue des périodes géologiques : il se peut que le progrès des observations nous force à agrandir, au-delà de tout ce que notre imagination serait portée d'abord à concevoir, l'échelle des temps géologiques, de même que le progrès des théories nous a forcés d'agrandir de plus en plus, jusqu'à ce que notre imagination succombât sous le faix, l'échelle des distances astronomiques. Nous ne pouvons donc rien prononcer sur la durée absolue des temps pendant lesquels la Nature a procédé à la refonte des espèces : seulement l'observation paléontologique nous atteste que cette durée a été relativement très-petite et comme insensible par comparaison avec la durée des périodes géologiques pendant lesquelles les mêmes espèces et les mêmes associations d'espèces se conservaient, au point de ne pas laisser de traces des produits transitoires, ce qui suffit pour motiver l'intervention d'un principe intérieur de coordination et de tendance vers un but déterminé.

Les individualités anomales ou, comme nous disons, monstrueuses, qui se forment de nos jours, ne deviennent point souches de races, parce que la Nature ne

dispose rien, ne coordonne rien pour atteindre ce but. Cela ne fait peut-être plus partie de sa puissance : en tout cas cela ne fait plus partie de ses plans, de son économie, ni de la finalité qu'elle poursuit et dont nous avons ailleurs tant de marques étonnantes. Mais, nous restons encore dans la voie de toutes les analogies, nous ne dotons arbitrairement la Nature d'aucun attribut nouveau quand nous admettons, pour satisfaire aux données de l'observation, qu'à l'origine ou aux époques de refonte des types organiques, la Nature a montré autant de sollicitude, déployé autant d'art pour favoriser l'apparition ou la rénovation des types organiques, alors que le besoin s'en faisait sentir, qu'elle déploie aujourd'hui de sollicitude et d'art pour munir l'individu de tout ce qui est essentiel à sa conservation et à la conservation de l'espèce.

289. — Cela nous reporte naturellement aux idées qu'a déjà suggérées une étude plus attentive des détails de la paléontologie (280). Si certaines espèces se sont éteintes d'elles-mêmes, à la longue, pour faire place à d'autres, sans que le changement de milieu et d'influences extérieures paraisse en avoir été la cause déterminante et nécessaire, et comme par suite d'un épuisement lent de la force vitale de l'espèce, il ne faut pas s'étonner de voir des convulsions physiques, agissant à la fois sur un grand nombre d'espèces, avancer le terme de leur vie naturelle, et tout disposer ainsi pour l'apparition d'un ensemble de formes nouvelles. Notre entendement se prêterait à concevoir un ordre de choses dans lequel les formes organiques se remplaceraient ainsi les unes les autres sans fin ni terme (193) : mais il ne conçoit pas moins bien que

la série puisse avoir à la fois un point de départ et un terme final. Ici l'existence d'un point de départ est hors de doute : c'est à l'ensemble de la série paléontologique à nous éclairer sur la présence ou l'absence d'un terme final. Si l'on n'y démêle aucun ordre, si les types se succèdent indifféremment les uns aux autres, sans égard au rang qu'ils occupent dans le plan général des organismes (281), si rien ne nous autorise suffisamment à distinguer l'époque actuelle des époques géologiques qui l'ont précédée, la chose est claire : il n'y a pas de raison pour que la Nature change de marche; sa puissance plastique à l'endroit des types s'exercera dans l'avenir comme elle s'est exercée dans le passé; si elle ne paraît pas s'être exercée depuis que l'homme se connaît et connaît la terre qu'il habite, c'est que cet intervalle de temps n'est qu'un point dans la durée. Au contraire, si le phénomène de l'apparition successive des types présente dans son ensemble un certain ordre, s'il y a des motifs plausibles de croire que notre monde terrestre est arrivé à un âge qui contraste avec les âges antérieurs, en ce qu'il admet des phénomènes, des développements et des perfectionnements d'un tout autre genre, nous aurons de bons motifs de penser que l'ère des créations organiques est décidément close; que de là vient notre impuissance à conclure scientifiquement de l'observation des faits actuels à l'explication des faits passés; et la discussion philosophique aura encore, une fois de plus, justifié les suggestions du sens commun.

290. — Demandons-nous en effet ce qui arriverait si une catastrophe géologique, dont l'état de la géo-

logie ne nous autorise pas à nier absolument la possibilité, engloutissait un continent aujourd'hui émergé et en faisait sortir un autre du sein des mers. Se trouverait-il quelqu'un pour soutenir que le continent nouveau, séparé des autres par des distances que les quadrupèdes actuellement existants ne peuvent pas franchir, que les semences de la plupart des arbres que nous connaissons ne peuvent pas franchir non plus, finirait par se peupler d'arbres et de quadrupèdes, les uns formant des espèces nouvelles, les autres appartenant à des espèces déjà existantes, quoique sans lien de parenté proprement dite avec les individus des mêmes espèces qui vivent sur les continents que le cataclysme aurait respectés, et offrant seulement quelques variétés nouvelles, sous l'empire de nouvelles influences locales? Personne ne croirait cela, ni savant, ni ignorant, à moins d'être sous la fascination d'un système : tant cela répugne à la marche que la Nature suit sous nos yeux et sous l'empire de causes physiques que la survenance du cataclysme ne modifierait pas essentiellement. Le sens commun nous suggère à tous que le continent nouveau se peuplerait peu à peu des espèces seulement dont les individus, dont les germes auraient pu y être à la longue transportés d'ailleurs, ou des espèces inférieures pour lesquelles nous ne sommes pas suffisamment autorisés à nier la possibilité actuelle d'une formation de toutes pièces; et que tout cela constituerait une faune et une flore bien pauvres en comparaison des faunes et des flores des continents aujourd'hui émergés. Vainement nous dirions-nous que ce qui nous paraît impossible, actuellement et dans l'avenir, s'est bien cer-

tainement accompli dans le passé; un sentiment indéfinissable de la marche générale de la Nature et de l'ensemble des phénomènes de la vie, nous ferait repousser cette assimilation du présent et de l'avenir au passé, de notre époque et des époques futures aux époques antérieures : comme si la Nature avait aussi sa pudeur, et qu'elle dût s'interdire les actes les plus secrets, quand elle peut avoir des témoins de ces actes. Nous ne comprenons pas, mais nous sentons que la Nature vivante peut avoir ses âges comme l'individu vivant a les siens; qu'à l'âge des évolutions et des rapides métamorphoses, le plus souvent provoquées ou aidées par des excitations extérieures, peut succéder, pour les espèces comme pour les individus, l'âge où les puissances vitales, en lutte avec les influences extérieures, ne font plus que conserver et maintenir.

Si pourtant l'ensemble des observations paléontologiques nous donne lieu de croire que la série des refontes et des rénovations de types à la surface de notre globe est définitivement close, il y aura entre les individus et les espèces actuellement subsistantes cette différence capitale, que l'individu atteint nécessairement le terme de son existence, tandis que l'espèce (une fois consolidée et fixée) paraît capable de se maintenir indéfiniment, sans variations, même séculaires, si les conditions extérieures n'éprouvent point elles-mêmes de variations séculaires.

291. — La Nature vivante n'a pas l'unité d'un poème : elle a tout au plus celle d'un cycle poétique. Il n'y aurait donc point lieu d'être surpris, si elle conservait encore, par rapport à certaines espèces ou à certains groupes d'espèces, sa jeunesse et sa plasti-

cité, tandis que d'autres seraient déjà parvenus à l'état de consolidation et de fixité qui ne permet plus aux types de recevoir de modification essentielle, et qui à plus forte raison se refuse à toute refonte ou rénovation des types.

Déjà quelques naturalistes distingués[1] ont expliqué les différences de flexibilité que l'on observe encore actuellement d'un type spécifique à un autre (264), par la différence d'âge entre ces mêmes types : mais, un fait fort remarquable, qui tombe sous l'observation immédiate, vient à l'appui de cette conception théorique. « Les premières générations d'une race cultivée, dit M. Alph. de Candolle, ont effectivement une grande disposition à varier. Si les espèces actuelles sont des races, elles ont dû avoir plus de variabilité à l'origine qu'elles n'en ont à présent. Si elles ont été formées d'une autre manière, c'est-à-dire par une création spéciale, l'analogie permet encore de considérer comme probable une variation plus grande de l'espèce à son origine, puisque cette variété plus grande s'observe dans les races. Ici le raisonnement par analogie me paraît, je ne dirai pas direct et concluant, mais plausible et de nature à indiquer une certaine probabilité. Le point de départ, le fait que les races commencent par être variables, est bien constaté dans les plantes cultivées. Qu'il me soit permis de citer l'opinion d'un agriculteur qui a créé des races, qui a observé avec beaucoup de sagacité, et qui a raisonné sur les faits avec un jugement incontes-

[1] Voyez notamment les *Etudes sur la Géographie botanique de l'Europe*, etc., par M. Lecoq, et les observations de M. Alph. de Candolle dans sa *Géographie botanique*, T. II, p. 1100 *et suiv.*

table, M. Louis Vilmorin. Selon lui, pour obtenir des modifications d'espèces nouvellement cultivées, il faut commencer par obtenir, d'une manière ou d'une autre, une modification quelconque; ensuite, lorsque l'espèce a été ébranlée, affolée (c'est son expression), elle devient plus maniable, et l'on en tire plus aisément les modifications qu'on cherche à en obtenir. Ces modifications, une fois obtenues et isolées par des semis à part, deviennent des races permanentes. »

292. — Au reste, quoique l'hypothèse d'une flexibilité des types spécifiques, plus grande à certaines époques anciennes que de nos jours, puisse suffire pour rendre tolérablement raison (163) de la formation d'un grand nombre d'espèces, constituant des genres vraiment naturels, et même pour donner à comprendre comment des genres très-voisins les uns des autres ont pu dériver d'un même type primitif, il s'en faut bien qu'elle suffise à l'explication de ces différences profondes qui séparent dans les deux règnes la plupart des espèces et des genres, et à plus forte raison les familles, les ordres, les classes. Encore une fois il s'agit, non de pénétrer les mystères de la vie, mais de les sonder (puisque notre cadre le veut ainsi); non d'éclairer un abîme, mais d'y projeter quelques lueurs et de rendre moins accablantes des difficultés sous lesquelles notre intelligence succombe quand elle s'attaque d'emblée, comme elle n'est que trop tentée de le faire, aux plus nobles espèces et aux plus hautes fonctions de la vie animale. Cependant, l'embryogénie et la tératologie, en nous montrant d'une part une succession de phases de la vie embryonnaire qui est en correspondance avec les principaux types

de l'organisme animal, d'autre part des produits anomaux qui rappellent ces phases transitoires (et qui, à la vérité, ne peuvent vivre et se perpétuer dans les circonstances actuelles), nous indiquent la voie et la voie unique par laquelle ont pu naturellement s'opérer les diversités fondamentales des types et la substitution d'un type à un autre quand cette substitution est devenue nécessaire. Une embryogénie anomale ou une tératologie féconde, voilà le postulat qu'il faut de toute nécessité admettre : car hors de là il n'y a place que pour un merveilleux irrationnel ou surnaturel, pour un passage soudain du néant à l'être, ou pour une éclosion du limon de la terre, comme on pouvait la rêver dans l'enfance de l'humanité, des sciences et de la raison.

Si l'organisation des animaux présente en général bien plus de complication que celle des plantes, elle nous offre aussi des phénomènes bien plus singuliers et bien propres à agrandir l'idée que nous devons nous faire des ressources de la Nature. Les métamorphoses si connues des batraciens et des insectes nous montrent des animaux qui, non plus seulement dans la durée des évolutions de la vie fœtale, mais dans le cours de leur vie indépendante, appartiennent à des classes diverses, tantôt reptiles, tantôt poissons, tantôt respirant par des branchies, tantôt par des poumons, tantôt se traînant sur le sol ou se filant un linceul, tantôt épanouissant dans les airs leurs ailes brillantes. Si nous ne connaissions que les espèces plus rapprochées de nous, nous n'hésiterions pas à rejeter parmi les rêves le postulat qui impliquerait la possibilité de si étranges phénomènes. D'autres métamorphoses

plus singulières encore (celles des méduses, des lernées, des balanes, etc.) doivent nous rendre encore plus réservés sur le chapitre de l'impossible quand il s'agit des opérations naturelles.

293. — Il va sans dire que le besoin d'une force dirigeante à ces époques de crises rénovatrices, pour expliquer l'absence de formes intermédiaires et indécises dans la série paléontologique, se fait d'autant plus sentir qu'il s'agit de types plus élevés dans l'échelle animale, et de temps plus rapprochés de nous. Une foule de considérations nous obligent encore d'admettre cette intervention spéciale d'un principe de finalité et de coordination, pour la constitution ou la rénovation du système des types organiques. On ne concevrait pas l'apparition des espèces que l'on appelle sociales, ni, parmi celles qui ne sont pas nécessairement sociales, l'existence des espèces où les sexes sont séparés, si la Nature s'en était rapportée au jeu des combinaisons fortuites, au caprice des influences extérieures pour former, ici et à une certaine époque un individu, à une autre époque et à de grandes distances un autre individu, ici l'individu mâle, là l'individu femelle. D'ailleurs, les diverses espèces végétales et animales ont besoin les unes des autres, et vainement obtiendrait-on l'évolution d'un type, si des évolutions antérieures n'avaient amené en temps convenable l'apparition des autres types, sans lesquels le type nouveau ne pourrait subsister (273). A moins d'un concert harmonique, le seul jeu des combinaisons fortuites aurait dû, à chaque crise rénovatrice, amener de longues périodes d'interruption entre les créations successives, ce qui tombe en contradiction formelle

avec l'observation paléontologique. Il a fallu qu'un concert harmonique de directions et d'influences, que l'énergie vitale est seule capable de mettre dans les choses auxquelles elle s'applique, fût mis par elle initialement dans les causes qui déterminaient la première évolution des organismes, de manière que les premiers représentants de chaque espèce se trouvassent dans le nombre voulu et dans les rapports de situation (soit entre eux, soit avec les représentants des espèces antérieurement ou simultanément créées), qu'exigeait la propagation immédiate de l'espèce, sauf à abandonner (comme de fait nous voyons que la Nature l'abandonne actuellement) les particularités de la propagation ultérieure, sur de plus grands espaces et dans des temps plus éloignés, au jeu des combinaisons fortuites, aux accidents de la génération et aux caprices des causes extérieures.

294. — C'est par suite du sentiment, distinct ou confus, de la nécessité d'une intervention primordiale et spéciale du principe de finalité et d'harmonie qui préside à l'évolution des êtres vivants, que l'on voit de nos jours les savants les moins enclins à recourir aux explications surnaturelles, et qui ne s'aviseraient pas d'employer le mot de *création* pour désigner la formation des minéraux et des roches, des couches et des filons, des dépôts de houille et des colonnes de basalte, parce que, dans la production de tous ces objets (et lors même que les circonstances actuelles ne permettraient pas qu'ils se produisissent maintenant), nous n'avons aucune peine à reconnaître l'action des forces physiques perpétuellement inhérentes à la matière ; c'est pour cela, disons-nous, qu'on les

voit tous employer les mots de *création organique* pour désigner l'ensemble des types propres à une contrée ou à une époque géologique : sans supposer par là autre chose qu'un mode d'opération naturelle, devenu étranger à l'ordre actuel, ou dont les manifestations douteuses ne portent plus que sur quelques infimes et insignifiants détails.

D'un autre côté il faut bien reconnaître qu'aucune opération surnaturelle, aucun miracle dans le sens vulgaire du mot, n'est plus fait pour exciter notre admiration qu'une conduite d'opérations naturelles si différentes de ce qui se passe sous nos yeux, si mystérieuses, si imposantes, si prodigieuses, à mesure qu'elles se déroulent dans la suite des âges, et surtout à mesure qu'elles se rapprochent des temps où ont commencé les destinées de notre propre race. Quelle chose pourrait nous donner une plus magnifique idée d'une puissance, d'une intelligence suprême? Quel plus sublime commentaire de termes qui n'ont pu être prononcés dans une langue humaine, que sous la condition que le sens en fût graduellement approfondi à mesure que l'intelligence de l'homme se fortifierait et qu'il avancerait dans la connaissance des œuvres de Dieu [1] !

---

[1] « Dum ergo quisquis conatur id sentire in scripturis sanctis, quod in eis sensit ille, qui scripsit, quid mali est, si hoc sentiat quod tu, lux omnium veridicarum mentium, ostendis verum esse : *etiam si hoc non sensit ille quem legit*, quum et ille verum, nec tamen hoc, senserit? » S. AUGUSTIN, *Confessions*, liv. XII, chap. 18.

CHAPITRE IX.

DES IDÉES DE SUBSTANCE ET DE CAUSE, EN TANT QU'ELLES S'APPLIQUENT A L'INTERPRÉTATION DES PHÉNOMÈNES DE LA VIE ORGANIQUE ET DE LA VIE ANIMALE.

295. — « Si l'on veut tout concevoir matérielle- « ment, dit Burdach, on ne rencontre partout que « mystères qui rendent toute connaissance impos- « sible ; on ne voit partout que miracles qui empê- « chent de trouver la Nature nulle part. »

Une cellule végétale, pourvu qu'on la greffe sur des sujets convenables, et d'ailleurs spécifiquement distincts les uns des autres, a la propriété de régénérer la plante sur laquelle on l'a prise, avec tous les détails de son organisme, avec toutes ses aptitudes fonctionnelles, à quelque organe de la plante qu'elle appartienne ; n'importent la partie de la plante sur laquelle la cellule a été prise, ou les qualités du sujet auquel elle a été soudée, et qui lui communique les sucs nourriciers (285). Peut-on concevoir que, dans la structure de la cellule, dans la configuration des molécules dont elle est matériellement composée, dans les forces physiques dont ces molécules sont le siége, se trouve la raison suffisante de toutes les évolutions organiques de la plante régénérée ; et que, dans les différences que présentent à cet égard les cellules de plusieurs espèces ou de plusieurs variétés distinctes, se trouve la raison suffisante de toutes les différences d'organi-

sation, de fonctions, d'aptitudes et d'habitudes que présenteront les végétaux régénérés? Si l'on ne peut admettre dans sa grossièreté (que le lecteur nous passe l'expression) cette explication géométrique ou mécanique, s'il faut qu'un principe actif détermiue et dirige l'évolution organique de la cellule en vue du type qu'elle doit reproduire, quel point, quelle molécule sera le siége de ce principe, et comment passera-t-il d'une molécule à une autre, quand les molécules qui constituaient originairement la cellule seront éliminées et remplacées par d'autres, par suite du travail même de l'organisation?

Considérez ce singulier phénomène que l'on nomme *atavisme*. Les particularités d'organisation, de tempérament, de caractère d'un ancêtre ne passeront pas à sa descendance immédiate et auront la propriété de reparaître chez des descendants éloignés. Quels sont les détails imperceptibles de structure qui ont pu retenir à l'état latent, pendant plusieurs générations successives, les caractères typiques transmis avec de telles lacunes? Ou bien encore, comment la vertu plastique qui devait les faire reparaître après un si long sommeil, s'est-elle prêtée à changer tant de fois de siége moléculaire, dans les générations consécutives?

296. — Ainsi apparaissent, dès le seuil de la physiologie, et pour les êtres les moins élevés dans l'échelle des organismes et des fonctions vitales, toutes les difficultés et tous les mystères dont les philosophes se préoccupent surtout à propos des phénomènes qui ont pour théâtre la conscience humaiue, et qui donnent lieu à des actes volontaires et réfléchis. Ce n'est pas seulement pour les phénomènes de cet

ordre, les plus élevés de tous ceux que nous pouvons connaître, mais pour toutes les fonctions de la vie, que l'unité harmonique, la détermination typique et la *synergie* formatrice, toujours étroitement liées à des dispositions de structure et à des excitations physiques, ne peuvent cependant, à la manière des forces physiques, être réputées adhérentes à un *substratum* matériel, simple ou composé, à une molécule ou à un système de molécules : d'où résultent nécessairement une incohérence dans le système de nos conceptions et une interruption dans leur enchaînement théorique, lorsque nous passons, de la description ou de l'explication des phénomènes de l'ordre physique, à la description ou à l'explication des phénomènes vitaux.

L'hypothèse des fluides impondérables est-elle ici de quelque secours (165)? Faut-il voir dans ces substances ou dans cette substance problématique le *médiateur plastique* que quelques philosophes ont imaginé pour faciliter l'action, ou la manière de concevoir l'action des puissances vitales sur la matière? Nullement, tant que nous persistons à appliquer la conception atomistique, aussi bien aux agents impondérables qu'à la matière pondérable : car, qu'importe à notre objet que les fluides soient réputés plus subtils ou plus élastiques, et les atomes plus ténus? Ce ne sont encore que des fluides et des atomes dont le degré de subtilité et de ténuité ne détruit aucune objection, ne résout aucune difficulté. Pour mieux comprendre l'artifice et la délicatesse des rouages d'une machine, on n'en comprendra pas mieux la nature de la puissance motrice et son mode d'action. Nous

ne pouvons donc que nous prévaloir du voile qui recouvre encore la nature des agents impondérables, pour conjecturer que ce voile, s'il était soulevé, nous laisserait entrevoir le principe de l'action vitale : ce qui ne constitue pas même une de ces explications *en gros*, dont on a parlé ci-dessus (163).

Au reste, il est de fait qu'à chaque découverte remarquable dans la physique des impondérables (par exemple, lors de celle des excitations ou résurrections galvaniques) on s'est cru sur la voie de la découverte du principe des actions vitales; et que, le premier engouement passé, chacun s'est aperçu que l'on n'était pas plus avancé qu'auparavant.

297. — Le *substratum* non matériel ou non corporel de l'activité vitale et plastique (au cas qu'il existe et quel qu'il puisse être), voilà ce que l'on a nommé dans le langage populaire un souffle, une *âme* (ψυχὴ), et dans le vocabulaire philosophique une *archée* (ἀρχὴ), une *entéléchie* (ἐντελέχεια). Les peuples enfants se le sont figuré comme quelque chose qui aurait une forme à la manière des corps, et qui serait d'ailleurs tellement ténue et impalpable qu'on ne pourrait la confondre avec aucune substance corporelle. Les Latins se servaient du mot d'âme (*anima*), bien avant que d'avoir reçu des Grecs le goût de ces jeux scéniques qui leur ont suggéré le mot de *persona* dont nous usons encore pour désigner, sous la forme réfléchie d'une idée, le sentiment que nous avons tous du maintien de notre existence comme êtres individuels et identiques (173). Les Grecs eux-mêmes employaient dans le même sens le mot πρόσωπον, qui d'abord signifiait *visage*, puis a servi à désigner le

masque tragique, puis le *personnage* théâtral, puis enfin ce que nous appelons une *personne*. Que de détours et de temps pour arriver à l'expression claire de l'idée qui nous intéresse le plus! Au sein de la peuplade la plus sauvage, il y a une manière de dire *moi*: mais il a fallu arriver aux époques les plus modernes de la philosophie, pour que l'on s'avisât de dire *le moi*, au risque de choquer par l'étrangeté de la locution tous ceux qui se soucient peu de la philosophie, et qui ne sont que trop portés à se moquer des philosophes. Le mot *âme* lui-même a reçu jusqu'à nos jours des acceptions bien diversifiées, bien variées : et le bon curé qui compte les âmes de sa paroisse, entend la chose et le mot tout autrement que ces diplomates qui, dans tels congrès, faisaient le calcul des milliers d'âmes.

Du moment que l'âme (en dépit de l'étymologie) n'est plus un souffle, il est clair que nous ne pouvons avoir aucune idée du principe substantiel de la vie, sinon qu'il ne saurait être corporel, et qu'ainsi il échappe à toute représentation dans l'entendement. Nous aurons seulement par la conscience (pour peu que la réflexion l'éclaire) une notion directe et positive du *moi*, et partant de notre âme, en tant qu'elle serait le principe substantiel ou *hypostatique* de notre personne ou de notre *moi*; ce qui est d'une grande importance au point de vue de l'ontologie spéculative, et ce qui n'en a aucune au point de vue moral et pratique : car, ce qui me touche, ce qui m'inquiète, ce qui me console, ce qui me porte au dévouement et aux sacrifices, ce sont les destinées qui m'attendent, *moi* ou *ma personne*, quelles que puissent être l'origine,

la nature, l'essence de ce lien insaisissable, sans lequel il plaît aux philosophes de décider que ma personne s'évanouirait. D'ailleurs, nous ne nous occupons ici des idées métaphysiques, et notamment de l'idée de substance, qu'en tant qu'elles fournissent une clef d'interprétation et un fil conducteur pour la systématisation des faits naturels, objets de la science proprement dite, tels que les phénomènes de la vie organique et de la vie animale : tout ce qui concerne l'âme ou la personne humaine, sa nature supérieure, ses destinées extra-mondaines, est du ressort de la philosophie morale et de la religion, et placé hors du domaine de l'investigation scientifique.

298. — Voyons dès lors comment l'idée d'un principe substantiel peut s'appliquer aux phénomènes de la vie organique, et comparons à cet égard les animaux et les plantes dont les espèces infimes apparaissent dans les mêmes circonstances (253); entre lesquels nous savons que règne une si grande analogie, en ce qui touche les fonctions les plus essentielles et les plus secrètes de la vie (225 *et* 257). Si donc il faut une entéléchie pour expliquer la génération, l'évolution, l'individualité, l'unité organique du poisson ou de l'oiseau, il en faudra une apparemment pour expliquer la génération, l'évolution, l'individualité, l'unité organique du palmier ou du chêne. Cette entéléchie, cette âme, ce *ferouer* végétal viendra on ne sait d'où, retournera on ne sait où, ou bien passera du néant à l'être au moment où le germe fécondé commencera les évolutions de sa vie embryonnaire, et de l'être au néant quand la plante périra, de mort naturelle ou violente. Les difficultés de concevoir de telles appa-

ritions et disparitions de substances sont grandes assurément : mais, dès qu'on se croit obligé de les subir pour le poisson, pour l'oiseau, pour le mammifère dont la vie animale ressemble le plus à celle de l'homme, il est aussi raisonnable de les accepter pour la plante dont la génération et les évolutions organiques ont tant de ressemblance avec la génération de l'animal et les évolutions qui la suivent.

Jusques-là tout va bien, mais voici la formidable objection. La plante ne se multiplie pas seulement par ce mode de génération qui la fait participer jusqu'à un certain point à la nature animale : elle se multiplie aussi par greffe, par bouture. Quand je greffe un rosier ou que je bouture un saule, est-ce que l'entéléchie du rosier, du saule, se divise, se fractionne ou engendre des entéléchies nouvelles? L'entéléchie de l'églantier sur lequel je greffe un rosier délicat, subsiste-t-elle en tout ou en partie, et dans ce cas comment s'accorde-t-elle avec l'entéléchie du rosier? On multiplierait les questions qui toutes rendent l'absurdité palpable. Le phénomène de la génération ordinaire nous avait donc trompés sur la manière de concevoir l'essence du végétal; et si elle n'est pas admissible pour la plante, pourquoi le serait-elle pour l'animal qui naît d'une manière si conforme au mode habituel de naissance de la plante? Il y a aussi pour les animaux, pour ceux des classes inférieures surtout, bien des choses qui ressemblent à la greffe et à la bouture végétale. L'essence de la vie ne peut pas changer du tout au tout, par suite de modifications évidemment secondaires dans le plan général de l'organisation des êtres vivants. Même parmi les animaux

des classes supérieures, et jusques chez l'homme (224), on observe des cas tératologiques de greffe ou de soudure pour lesquels il faudrait souder, on ne sait comment, les *ferouers* ou les entéléchies. Exemples, les jumelles de Buffon, les *Ritta-Christina* et beaucoup d'autres. Leurs *moi* étaient indépendants, quoique sympathiques : à la bonne heure. Leurs âmes, dans le sens moral et chrétien, l'étaient aussi, nous l'accordons : mais les entéléchies qui auraient été dans ces infortunées créatures les sujets substantiels de la vie organique et de la vie animale, il n'y a nul moyen de les concevoir, ni comme unies, ni comme divisées.

299. — Le passage de la vie organique à la vie animale s'opère d'ailleurs par degrés tellement insensibles et donne lieu à de tels enchevêtrements, que l'on ne pourrait distinguer une entéléchie pour la vie organique et une autre pour la vie animale, sans se heurter contre des absurdités toutes semblables à celles qui nous choquaient tout-à-l'heure. L'entéléchie animale apparaîtrait-elle au moment où commencent les fonctions animales, ou bien, créée en même temps que l'entéléchie organique, resterait-elle pendant un certain temps à l'état latent? Que deviendrait-elle, à quoi serait-elle bonne pour le germe avorté, c'est-à-dire pour celui dont la mauvaise constitution n'a pas permis l'évolution ultérieure de la vie animale, et l'a condamné à ne vivre, pendant un temps plus ou moins long, que de la vie organique?

Des questions tout-à-fait analogues se présentent à propos de l'âme humaine, de l'âme dont les philosophes moralistes et les théologiens s'occupent. A quelle époque le fœtus, l'enfant ont-ils une âme,

dans ce sens? La dignité de la nature humaine et les vues du Créateur sur elle exigent-elles qu'une âme substantielle soit imputée, même à la créature qui, dans cette vie terrestre et passagère, n'est destinée par son infirmité ou par le crime d'autrui, qu'à vivre de la vie animale ou de la vie organique? Questions de théologie ou de jurisprudence, pour lesquelles on fera appel à une doctrine philosophique ou à une croyance religieuse; mais questions placées hors du ressort de la psychologie qui analyse les phénomènes du *moi*, de la physiologie qui tâche de saisir les points d'évolution de la vie organique ou animale, de la médecine légale qui en étudie les symptômes en vue de l'application aux questions juridiques.

300. — La sensibilité et la mémoire, voilà sans doute les deux facultés que, dans les habitudes de notre esprit, il nous est le plus difficile de concevoir autrement qu'inhérentes à quelque sujet substantiel, individuel, pouvant en quelque sorte toujours justifier de son identité. La volonté divine, la puissance de la Nature, l'âme du Monde circulant partout, serviront aux philosophes selon les dogmes de leurs sectes, à donner la raison ou, si l'on veut, l'explication *en gros* (163) de la formation et de l'évolution des organismes, de toutes les fonctions de la vie végétative, de toutes les merveilles de l'instinct chez les animaux des classes inférieures : mais, quand on arrive aux animaux des classes supérieures, à ceux qui ont certainement la faculté de sentir et une mémoire au moins rudimentaire, dira-t-on que c'est l'âme du Monde qui en eux jouit, pâtit ou se ressouvient? Impossible de répondre directement à une objection si pressante :

et pourtant d'autre part, quand on réfléchit que la sensibilité n'est après tout que l'un des modes auxquels la Nature a recours pour mettre l'être vivant en rapport avec les objets extérieurs, pour stimuler en lui l'exercice des actions vitales; quand on considère par combien de phases et de modifications continues passe la sensibilité, depuis la sensibilité tout-à-fait latente et obscure, jusqu'à la sensation nette et distincte propre aux animaux des classes supérieures, il n'est guère possible d'admettre philosophiquement que le fait particulier rompe l'ordonnance générale, et qu'un degré d'évolution ou de perfectionnement de plus dans l'organisme rende nécessaire ce dont la raison jusques-là ne démontrait pas la nécessité.

Ce n'est pas seulement d'une espèce à l'autre qu'a lieu la transition continue : c'est dans la même espèce, dans le même organisme, que, d'un organe à l'autre, la sensibilité va en s'exaltant ou en s'éteignant par degrés indiscernables. Autres seront à cet égard les conditions de l'état normal, autres celles de l'état morbide. Telle partie de l'organisme, qui n'est le siége d'aucune sensation si l'organe est sain, deviendra sensible si l'organe est malade. Qu'était-ce donc que le genre d'affection qu'il éprouvait avant que l'exaltation morbide eût fait de cette affection une douleur perçue? Quel rapport avait-elle avec le sujet substantiel et individuel qu'elle n'affectait pas? Et s'il faut dire qu'elle affectait pareillement ce sujet substantiel et individuel, le privilége accordé aux phénomènes de la sensibilité disparaît donc dans le plan général de la Nature; nous devons juger des phénomènes et de leurs causes d'après le tableau d'ensemble qu'ils présentent, non

d'après certains phénomènes particuliers qui, s'ils ont pour nous plus d'importance que tous les autres, le doivent uniquement à certains préjugés de constitution, et à ce que nous éprouvons nous-mêmes des affections analogues.

301. — Il est bien constant par notre propre expérience que beaucoup de sensations, non-seulement ne laissent pas de traces dans la mémoire, mais échappent même à notre conscience, à notre sens intime, à notre personne, à notre *moi*. Les faut-il néanmoins regarder comme des affections de l'entité, de la substance que l'on appelle âme? Là-dessus grands débats entre les métaphysiciens. L'affirmative prévaut d'ordinaire, par la raison, dit-on, que le *moi* peut bien n'être qu'une manière d'être de l'âme, entre plusieurs autres dont nous ne saurions avoir nulle idée, nulle perception, ni par les sens externes ni par la conscience. Soit : mais aussi ne voit-on pas à combien d'hypothèses gratuites cela nous mène? Tout-à-l'heure c'était la nature spéciale des affections du *moi*, par nous bien perçue, qui semblait requérir pour soutien une substance spéciale dont nous ne pouvons saisir l'essence; et maintenant voici qu'il faut attribuer à cette substance insaisissable des affections pareillement insaisissables. La substance directement insaisissable a été conçue pour servir de soutien et de lien à des phénomènes incontestables : il faut présentement, pour maintenir le lien entre les phénomènes à la faveur de l'entité substantielle, supposer des phénomènes qui ne se révèlent point à nous, dont nous n'avons nulle idée, et qui seraient les affections incompréhensibles d'une substance incompréhensible.

302. — Les fonctions de la sensibilité et de la mémoire ne sont pas tellement propres à établir la nécessité d'un sujet substantiel du *moi*, que plusieurs philosophes n'aient cherché ailleurs le fondement de la personnalité humaine. Selon Maine de Biran, ce qui constitue le *moi* humain, ce qui fait l'essence de l'âme humaine, consiste dans le pouvoir de prendre des déterminations libres. Les affections de la sensibilité, les simulacres de l'imagination, les emportements des passions appartiennent à la nature animale, sont étrangers au *moi*[1]. Nous ne discutons pas ce système, nous l'indiquons seulement, pour en tirer cette conséquence, qu'aux yeux d'un penseur dont les tendances spiritualistes ne peuvent être contestées, les phénomènes de sensibilité, d'imagination, n'ont rien qui implique, plus que les autres phénomènes de la vie organique ou animale, la nécessité d'un soutien substantiel ; et que, dans sa manière de définir le *moi* humain, le *moi* qui s'élève au-dessus des conditions de l'animalité, n'intervient encore que l'idée de force : conformément à la doctrine leibnitzienne, dans laquelle on ne considère pas la force comme l'attribut d'une substance, mais la substantialité ou l'identité persistante comme l'attribut ou la qualité d'une force, comme la suite et non comme le fond de sa nature (175).

303. — Plus l'appui que prête à l'entendement humain l'idée de substance devient vacillant, plus l'idée de cause doit s'affermir et prévaloir. Et en effet,

---

[1] *Œuvres philos.*, T. III, *passim*. Voyez aussi notre *Essai*....., chapitre XXIII.

la physique proprement dite (car nous ne parlons pas ici des idées que la contemplation de l'ordre du Monde et des faits cosmologiques nous suggèrent nécessairement), la physique proprement dite pourrait à la rigueur se passer de l'idée de cause. Certains philosophes ont tenté de l'en bannir; et en cela ils ont fait violence sans doute aux dispositions naturelles de l'esprit humain, aux habitudes du langage, mais sans encourir le reproche d'absurdité logique. Pour eux, l'idée de force est une superfétation, et partant l'idée de cause en est une aussi. Il n'y a dans l'ordre physique que des substances (qu'on les appelle atomes ou corpuscules) et des lois auxquelles ces corpuscules sont soumis. En vertu de ces lois tous les corpuscules prennent certains mouvements, ou bien ils restent en repos lorsque les mouvements qu'ils devraient prendre, en vertu de lois différentes et coexistantes, s'annulent l'un l'autre. Nous ne reviendrons pas sur la discussion de cette théorie, exposée, analysée et jugée longuement dans le livre précédent, vu l'importance capitale de la question. Nous n'avons pas manqué de faire observer alors qu'en effet l'idée de force, si utile et (sinon dans le sens logique, du moins dans le sens philosophique) si indispensable à l'interprétation des phénomènes matériels, nous est fournie par la conscience d'un fait organique et vital. Ce qu'il faut remarquer ici, c'est qu'une fois arrivés à l'interprétation des phénomènes de la vie, l'idée de cause, de force ou de principe actif regagne nécessairement tout ce que perd l'idée concomitante de réalité substantielle. L'une avait le rôle accessoire et pour ainsi dire facultatif : elle acquiert le rôle principal et nécessaire.

304. — Lorsqu'interviennent les forces vitales, nous sentons la nécessité de distinguer l'activité propre qui les caractérise exclusivement, d'avec le mode d'action qui appartient aux forces physiques : et de là la distinction entre le stimulant extérieur et l'action interne à laquelle l'effet produit doit être rapporté comme à sa cause véritable (244). Il n'y a pas lieu à une pareille distinction quand il ne s'agit que du concours entre des forces mécaniques, physiques ou chimiques. Elles restent en toutes circonstances ce qu'elles ont été toujours : seulement, la diversité des circonstances et des combinaisons fait qu'elles produisent, selon les cas, des effets divers. Nous rappelions tout à l'heure que les forces mécaniques, physiques, chimiques, ont pu être prises pour des *lois*, et l'on ne stimule ni l'on ne paralyse une loi.

305. — La distinction est d'autant plus frappante qu'elle a lieu à propos de phénomènes d'un ordre plus élevé, mais au fond le principe de distinction est le même. Voilà des soldats à qui le refrain d'un air national inspire une ardeur guerrière, voilà un versificateur joyeux à qui les rimes viennent dans la gaîté d'un festin, ou un savant dont l'usage du café favorise les méditations solitaires : est-ce que nous rapporterons pour cela au champagne ou au café le mérite des couplets ou l'honneur des théorèmes? Est-ce que les effets connus du refrain guerrier nous dispenseront de rendre justice à la vaillance du soldat? C'est en vertu du même principe que les psychologues, les moralistes distinguent avec raison entre le motif et la cause d'un acte volontaire et libre. L'acte volontaire ne se produit pas sans motifs, sans excitations

extérieures (ou du moins sans sollicitations animales et instinctives qui jouent aussi par rapport à la personne morale, à ce qu'il y a de plus intime dans notre être, le rôle de stimulant extérieur), et néanmoins nous en imputons le mérite ou le démérite moral à la personne de l'agent, comme au véritable auteur de l'acte, de même que nous imputons le mérite d'une œuvre d'art ou de science au génie du savant ou de l'artiste, et non point aux influences physiques ou physiologiques qui ont pu exciter les efforts de son génie. Dieu nous garde d'entrer, sans nécessité imposée par le plan de notre ouvrage, dans les abîmes métaphysiques que le problème de la liberté humaine a fait creuser : nous tenions seulement à indiquer ici, comme nous l'avons fait plus haut à propos de la notion de substance, que l'origine de la plupart des grands problèmes de la psychologie humaine doit être reportée fort en arrière, au point même où les phénomènes de la vie commencent d'apparaître au sein du monde physique.

306. — Maintenant, à ce que nous croyons, l'on peut parfaitement se rendre compte de ce qu'il faut entendre par *vitalisme* et par *animisme*. Les vitalistes sont tous ceux qui n'admettent pas que les phénomènes de la vie, à quelque étage qu'on les observe, puissent s'expliquer par le jeu seul des forces mécaniques, physiques, chimiques, opérant sur des groupes d'atomes convenablement disposés; et qui dès lors sont amenés à concevoir une force ou des forces d'une autre nature, sans *substratum* matériel auquel elles puissent être réputées perpétuellement inhérentes, opérant par leur énergie propre, à la faveur de cir-

constances propices et sous l'influence d'excitations extérieures, de manière à réaliser par l'entraînement passager des particules matérielles accidentellement comprises dans leur sphère d'action, une idée, une forme, un type organique dont l'évolution et les fonctions successives sont principalement gouvernées par ce qui fait l'essence, pour nous incompréhensible, des forces vitales elles-mêmes. Ces forces sont pour nous incompréhensibles, parce que les phénomènes qui se passent en nous et que la conscience nous révèle, quelque importance que nous y attachions justement, quelque perfectionnement qu'ils supposent dans le mode d'opération des forces vitales, n'en sont que des effets très-dérivés, très-particuliers, très-peu propres par conséquent à nous mettre sur la voie de ce qu'il y a de fondamental et d'essentiel dans le principe opérateur, ou bien constituent un ordre de phénomènes spécial et distinct, exclusivement propre à la nature humaine, sans analogue parmi toutes les autres créatures vivantes, soumis à des lois qui contrastent profondément, comme nous le verrons, avec les lois générales de la vie : à ce point que l'homme est invinciblement porté à croire que, par ce côté de sa nature, il appartient à un monde invisible, extérieur ou supérieur à celui qui tombe sous les sens, et au sein duquel s'accomplissent les phénomènes de la vie et les fonctions de l'organisme.

Sans se préoccuper de questions ontologiques ni des applications qu'on peut faire de la notion de substance à la nature du principe vital, les vitalistes empruntent aux physiciens l'idée de force, comme étant celle qui représente le mieux ce qu'il paraît y avoir de

plus général, de plus fondamental, de plus essentiel dans les manifestations si variées de la cause qui produit les phénomènes de la vie : ou plutôt ils reprennent leur bien ; ils réclament aux physiciens une idée que ceux-ci avaient tirée des phénomènes de la Nature vivante, en la modifiant pour l'accommoder à l'explication des phénomènes du monde physique, en substituant des forces qui ne se lassent ni ne s'épuisent jamais, à des forces qui ont pour caractère essentiel de se lasser et de s'épuiser (86).

307. — Les animistes sont ceux qui, tout en admettant le point de départ des vitalistes, c'est-à-dire l'impossibilité d'expliquer les phénomènes de la vie par le seul jeu des forces physiques, perpétuellement inhérentes à des particules matérielles, croient en outre qu'il faut absolument supposer des substances auxquelles les forces vitales soient inhérentes, et qui, impuissants à en fournir une représentation sur laquelle l'entendement ait prise, leur donnent divers noms, parmi lesquels celui de *souffle* ou d'*âme*, tiré de l'une des fonctions les plus essentielles et les plus apparentes de la vie des animaux, est le plus usité et même est devenu un mot de la langue commune : non à cause des applications philosophiques et savantes qu'on en peut faire, mais à cause des idées morales et religieuses qui s'y rattachent, en ce qui concerne la nature et les destinées de l'homme.

308. — De plus, et pour ce qui regarde l'homme en particulier, les termes de vitalisme et d'animisme ont encore un autre sens et servent à marquer un autre contraste. Car, le principe constitutif du *moi* humain, de la personnalité humaine (qu'on le quali-

fie de force ou de substance) étant admis et désigné sous le nom d'*âme* (297), il arrive que les uns (qu'on appelle animistes) attribuent à cette âme la vertu opérative, non-seulement pour les phénomènes de l'ordre intellectuel et moral, mais encore pour tous ceux qui appartiennent à la vie animale et même à la vie organique : tandis que d'autres (que par opposition on appelle alors vitalistes) débarrassent l'âme de ces soins infimes et en chargent une force, un principe actif, de la même nature que la force ou le principe actif qui produit dans les êtres vivants inférieurs à l'homme des phénomènes analogues. Les animistes en ce sens ont pour eux cette grande maxime, qu'il ne faut pas multiplier les êtres sans nécessité, moins encore les êtres incompréhensibles ou insaisissables pour notre entendement. Mais, de leur côté, les vitalistes ont à invoquer une maxime plus souveraine encore, à savoir qu'il faut rapporter les effets analogues à des causes analogues. Or, quoi de plus analogue à la vie animale et végétative de l'homme que la vie animale et végétative des autres espèces vivantes? Si donc nous jugeons, selon le précepte baconien, *ex analogia universi* [1], les vitalistes en ce sens auront encore raison. Mais il vaut mieux dire que ce conflit, scientifiquement insoluble, n'intéresse au fond, ni la science, ni la morale, ni l'histoire, en sorte qu'il n'y a pour nous nul motif de nous y arrêter davantage.

---

[1] *Nov. Org.*, I, 41, *et* II, 40.

CHAPITRE X.

DES IDÉES D'HARMONIE ET DE FINALITÉ, DES IDÉES DU BEAU ET DU BIEN, DANS LEUR APPLICATION AUX ÊTRES VIVANTS. — DE L'IDÉE DE LA NATURE.

309. — L'être vivant porte en lui son principe efficace d'unité et d'activité harmonique, et par cela même on comprend que la vue des êtres vivants doit surtout contribuer à nous donner l'idée du *beau*. Tandis que la vie multiplie et varie les formes à l'infini, avec une profusion à laquelle rien n'est comparable dans les phénomènes du monde inorganique, elle obéit essentiellement à une règle d'harmonie et d'unité, c'est-à-dire à la règle qui est le principe suprême de la beauté. Parmi les arborisations bizarres dont nos vitres s'enduisent par un temps de gelée, le hasard en produit de belles. Supposez maintenant des forces naturelles qui n'agissent plus par intermittence, mais dont l'action continue opère sans cesse de nouvelles combinaisons; placez-vous en face d'une aurore boréale ou de masses nuageuses, où le groupement des masses et les effets de lumières varient à chaque instant : il y aura bien plus de chances sans doute pour qu'un bel arrangement se rencontre entre tant d'arrangements éphémères. Que sera-ce donc si une cause interne, comme dans la formation de l'organisme vivant, prédispose aux conditions de la beauté? On connaît ce jouet d'enfants qui s'appelle le

kaléidoscope, qu'il suffit d'agiter pour donner naissance à une inépuisable variété d'images, et dont on dit que s'aident quelquefois les peintres en étoffes, pour varier leurs *dispositions* autant que l'exigent les caprices de la mode : ce que fait le peintre avec son instrument, l'horticulteur le fait avec ses semis, d'autant plus sûrement qu'il dirige des forces essentiellement organisatrices, tout aveugles qu'elles sont ; et quand la Nature livrée à elle-même agite l'urne du hasard de manière à produire des combinaisons sans nombre, les seules qui se montrent parce qu'elles sont viables, ne peuvent l'être qu'à la condition de réunir à un certain degré les qualités dont la réunion plus complète éveille en nous l'idée du beau.

310. — Ainsi donc, la nécessité des harmonies fonctionnelles serait à elle seule un principe de beauté dans les êtres vivants, et les dégradations que ces harmonies comportent, sans aller toutefois jusqu'à rendre impossibles la vie de l'individu ou la conservation de l'espèce, suffisent pour autoriser le jugement que nous portons, quand nous trouvons tel individu plus beau dans son espèce, telle espèce plus belle dans son genre [1]. Mais d'autre part nous savons qu'il y a dans l'organisme des caractères typiques qui priment et dominent, même les harmonies fonctionnelles (227); et partant, il peut y avoir une beauté attachée aux formes typiques, indépendamment de toute harmonie fonctionnelle (74). Le type général des arbres dicotylédonés (208) se retrouve dans le pommier, dans le chêne et dans le peuplier d'Italie, et il ne paraît pas

[1] *Essai*....., chap. XII, nos 177 *et suiv.*

que le besoin d'harmonie fonctionnelle soit moins bien satisfait pour l'un de ces arbres que pour les autres. Cependant le cône très-aigu du peuplier d'Italie et le cône très-obtus du pommier paraîtront des formes moins majestueuses, moins belles; nous préférerons le *port* du chêne, par des motifs analogues à ceux qui nous feront préférer le galbe de tel vase à celui de tel autre, et qui nous feront écarter comme disgracieuses la forme du rectangle très-allongé, ou celle de l'ellipse très-aplatie (73). Le cygne a comme le héron, le bec *emmanché d'un long cou*, au moyen de quoi l'exigence fonctionnelle est satisfaite pour l'un comme pour l'autre oiseau : mais, de plus, en tant que forme typique, la volute du cou du cygne a une élégance qui lui est propre et que notre art se plaît à imiter, par exemple lorsqu'il s'agit de décorer de ses anses un vase d'ornement.

311. — De même que l'idée d'harmonie appelle l'idée du beau, ainsi l'idée du *bien* se rattache à l'idée de finalité : et voilà pourquoi nous ne pouvions tirer l'idée du bon de la contemplation des phénomènes purement cosmiques, quand nous mettions de côté la connaissance que nous avons de la constitution et des besoins des êtres vivants qui peuplent notre monde (200). En effet, il y a dans le monde physique des agrégats, des corps, des milieux, mais non pas des êtres à proprement parler, qui aient une existence individuelle, une unité essentielle (185), un type spécifique à conserver et à multiplier dans ses exemplaires. Je considère le système planétaire et j'y démêle une belle ordonnance ; je parviens à analyser les conditions d'où la stabilité de ce bel ordre dépend : mais, le sys-

tème planétaire n'est pas quelque chose qui subsiste et doive être conçu indépendamment des corps qui actuellement le composent, comme un être vivant subsiste et doit être conçu indépendamment des molécules matérielles qu'il s'est assimilées hier et qu'il rejettera demain. Que des causes inconnues dérangent l'ordonnance du système planétaire, y ramènent le chaos, et il y aura une beauté de moins dans l'univers : mais, s'il n'y avait pas d'êtres vivants à qui cette ordonnance profitait, dont elle rendait l'existence possible, où sera le mal? Ce n'en sera pas un apparemment pour les mondes de Sirius et de Véga; ce n'en sera pas un pour le système planétaire qui n'a pu perdre une existence propre qu'il n'avait pas. Autant vaudrait dire que c'est un bien ou un mal pour la goutte d'eau, de cristalliser en petits polyèdres ou de se résoudre en vapeur.

312. — Au contraire, tout être vivant, à quelque degré infime de l'organisation qu'il se trouve, a son existence propre à conserver, en face de la mort et de la destruction qui l'attendent. Tout ce qui le détruit ou qui tend à le détruire est mauvais pour lui, qu'il ait ou non conscience de ce mal, que le mal se réflète ou non dans les affections douloureuses de sa sensibilité. Tout ce qui le développe, le conserve, ou qui tend à le développer et à le conserver est bon pour lui, qu'il ait ou non conscience de ce bien; que ce bien soit ou ne soit pas pour lui la cause de sensations voluptueuses ou agréables. Ce qu'on a appelé dans l'École le bien et le mal physique devrait donc s'appeler le bien et le mal physiologique ou biologique, selon les acceptions modernes que tous ces

termes ont reçues : car, c'est de la notion même de la vie que dérive la notion du bien et du mal dont il s'agit, par opposition au genre de bien et de mal dont la notion se rattache à l'idée d'une loi morale et d'êtres moraux. Le médecin a donc raison de penser que la douleur, loin d'être un mal, est un bien toutes les fois qu'elle sert à préserver l'animal d'un mal véritable, à le stimuler, à provoquer dans l'organisme une réaction salutaire. A son tour, le plaisir, loin d'être un bien, est un mal, toutes les fois qu'il surexcite et égare l'appétit sensuel, au détriment de la santé, du développement, de la vigueur et de la conservation de l'animal. Lorsque l'animal souffre, sans que cette souffrance puisse aboutir à une réaction salutaire, ou lorsqu'il souffre au-delà de ce que la réaction salutaire exigerait, comme nous n'avons que trop de motifs de croire que cela arrive souvent, il y a là un mal effectif que nous sommes portés à regarder comme la conséquence dure, mais inévitable de lois générales, bonnes dans leurs effets généraux : d'ailleurs, il s'agit de définir les notions mêmes du bien et du mal, plutôt que de revenir sur toutes ces vieilles tentatives d'explication de l'origine du bien et du mal.

313. — Cependant, quelques considérations se présentent d'elles-mêmes. Autant la science du général l'emporte sur celle de l'individuel, autant et plus encore, dans l'ordre de la finalité (et par conséquent dans l'ordre du bien) l'espèce l'emporte évidemment sur les individus. La Nature les néglige, dit-on, et l'on a raison de le dire, comme aussi elle a raison de les négliger, puisqu'elle a dû abandonner à tous les caprices du hasard le fait de leur avènement

à l'existence. Chez nous autres humains apparaissent des grands hommes, comme on les appelle, fortement imbus de l'opinion que la foule n'a été créée que pour les faire valoir; peut-être ont-ils raison, et en tout cas la foule se montre très-disposée à les en croire : mais on n'observe rien de semblable chez les animaux et les plantes. Ici tous les individus se ressemblent, tous doivent au pur hasard que les germes d'où ils sont provenus aient été préférés à des milliers de germes privés de développement. Il faut donc de toute nécessité que la finalité qui se rapporte à la conservation de l'individu s'efface en quelque sorte devant celle qui se rapporte à la conservation de l'espèce, à plus forte raison devant celle qui a pour objet le maintien des harmonies générales de la création organique et le balancement des espèces.

314. — Une gelée détruit les tribus d'insectes qui vivaient aux dépens des plantes; c'est un mal pour ces insectes; c'est un bien pour les plantes qui reprendront leur vigueur au printemps suivant; c'est un bien pour les tribus d'oiseaux granivores qui trouveront dans les graines des plantes mieux portantes une nourriture plus abondante ou plus réparatrice; c'est un mal pour les tribus d'oiseaux insectivores à qui va manquer leur aliment de prédilection. A certaines époques géologiques, des chaînes de montagnes ont été soulevées et d'effroyables catastrophes ont englouti à la fois des milliers d'êtres vivants, ont fait périr, non-seulement des individus, mais des espèces : c'était un mal (le plus grand de tous, pour ces espèces et pour ces individus), dans lequel pourtant se trouvait le germe d'un bien pour d'autres individus et d'autres

espèces, et (ce qu'il faut surtout remarquer) une cause de progrès ultérieur dans la diversité, la richesse, l'harmonie et la beauté du Monde; puisque, grâce à cet accident géologique, là où nous n'aurions eu que la monotone végétation d'une vaste steppe, il nous est donné de contempler, étagées par gradins, les formes les plus variées de l'organisme (276).

315. — Dans l'ordre physiologique, le bien et le mal n'expriment (nous venons de le voir), que des idées relatives à un individu, à une espèce, à des groupes d'individus ou d'espèces : la richesse, l'harmonie, la beauté, sont au contraire des choses que nous reconnaissons dans le Monde, parce qu'elles s'y trouvent, et que nous n'y mettons pas de notre chef. Des êtres intelligents, organisés autrement que nous, les y retrouveraient de même, tandis qu'un être intelligent, à qui notre mode de sensibilité serait refusé, n'aurait aucune idée de ce que nous nommons plaisir et douleur. Le stoïcisme de la Nature, à l'endroit du plaisir et de la douleur des êtres sensibles, n'a donc rien qui doive surprendre la raison ; et la raison conçoit au contraire parfaitement que la Nature subordonne le relatif à l'absolu, ce que nous nommons bien et ce qui n'est tel qu'en vue de certaines existences périssables et de certaines formes passagères, à ce que nous nommons beau et qui l'est effectivement en soi, comme pour tout être capable de la perception et de la contemplation du beau. Quand, en suivant la gradation des phénomènes, nous arrivons aux phénomènes de la vie, nous nous trouvons placés, pour ainsi dire, au foyer même de l'idée du beau, qui déjà nous est apparue à tous les échelons précédents,

et que nous retrouverons plus tard sous la forme du *beau moral* : tandis qu'à ce point nodal l'idée du bon ne fait en quelque sorte que de commencer à poindre, flottante et indécise, ainsi qu'il doit arriver dans la première phase de tout développement (68).

Si nous pouvions nous élever jusqu'à la fin suprême de la création, jusqu'aux causes premières qui déterminent, dans ses traits les plus fondamentaux, l'ordonnance générale du Monde, peut-être le bien et le beau se confondraient-ils pour nous dans une même idée (92) : peut-être aussi ces deux idées ou ces deux faces d'une même idée resteraient-elles distinctes ; et d'autres rapprochements, amenés par la suite de nos recherches, nous permettront d'indiquer plus loin quelques motifs qu'on a de le penser.

316. — En tout cas, pour des intelligences telles que les nôtres, la finalité qu'il n'est pas permis de méconnaître dans les œuvres de la Nature, est une finalité, pour ainsi dire immédiate et spéciale, un amas de chaînons détachés plutôt qu'une chaîne unique ou dont tous les appendices se tiendraient. La raison aspire à tout coordonner dans la plus parfaite unité : mais l'instinct (et, si l'on veut, le génie, quand il ne se montre que sous la forme d'un instinct sublime) se contente de pourvoir, avec une merveilleuse industrie, à la circonstance actuelle, spéciale, et aux besoins du moment. La raison embrasse les longs calculs, ne fût-ce que pour le plaisir de calculer : l'instinct saisit l'expédient, et les circonstances inspirent cet expédient au génie. Tel est l'instinct du jeu, et tel le génie des batailles. Or, il semble que, pour la Nature, la manière de poursuivre ses fins, ressemble

beaucoup plus à l'instinct ou au génie qu'à la raison ou au calcul, selon la notion que notre sens humain nous en donne.

On a pu poursuivre d'une désolante ironie les partisans des causes finales, et d'autre part les sciences naturelles ne peuvent se passer du principe de la finalité comme fil conducteur; étrange antinomie, mais qui cesse d'en être une, dès que l'on pénètre dans le sens de la distinction qui vient d'être faite : car, si notre faible raison humaine peut quelquefois se railler elle-même, l'instinct ne nous apparaît qu'à travers un voile mystérieux qui le protége contre nos railleries, et qui impose au plus sceptique.

317. — Selon notre manière de concevoir rationnellement la finalité, le terme final d'une série est ce qui gouverne toute la série des termes antécédents, et chaque terme est plus immédiatement gouverné par le terme qui le précède immédiatement. Un industriel veut établir une papeterie, et le choix de l'emplacement, du moteur, des engins, tout sera subordonné au but, au terme final, qui est la fabrication du papier. La nature des engins sera déterminée par le mode de fabrication et non le mode de fabrication par la nature des engins; celle-ci étant déterminée, il faudra bien que la nature du moteur, ou que du moins la manière de recueillir et de dépenser la puissance motrice s'y accommode; enfin, si rien ne gêne les calculs de l'industriel, il placera son usine là où il trouve à meilleur compte la force motrice, plutôt que de subordonner le choix de la force motrice au choix de l'emplacement. La finalité instinctive procède tout au rebours, et ses efforts tendent à appro-

prier le mieux possible, le plus souvent avec un art qui nous confond, la production actuelle à des conditions antécédentes et dominantes. Or, comme nous l'avons fait remarquer ailleurs [1], si l'on examine la plupart des exemples qu'on a coutume de citer, pour frapper de ridicule le recours aux causes finales, on verra que le ridicule vient de ce que l'on a interverti les rapports, et jugé d'une finalité instinctive comme nous jugerions d'une finalité rationnelle.

Ainsi, la lumière avec toutes les propriétés qui la caractérisent, et dont beaucoup sont parfaitement inutiles au phénomène de la vision, n'aura pas été constituée en vue de la structure de l'œil qui devait un jour s'ouvrir à la lumière : mais la vertu plastique d'où l'organisation procède, aura façonné l'œil en vue de l'appropriation de cet organe à la perception de la lumière, telle qu'elle était fondamentalement et antérieurement constituée. Les propriétés chimiques de l'oxygène, de l'hydrogène, du carbone, de l'azote tiennent sans doute à des lois fondamentales et permanentes, tout-à-fait indépendantes des développements ultérieurs de l'organisation : c'est la force organisatrice qui a dû diriger son travail de manière à mettre à profit les propriétés chimiques des matériaux dont elle disposait (250). Les graminées n'ont pas été créées pour servir de pâture aux animaux herbivores, ni le pollen des fleurs pour servir de nourriture à l'abeille : ce sont au contraire les types du pachyderme et du ruminant qui ont été constitués de manière à ce que les graminées pussent offrir une

[1] *Essai*....., chap. V, n°s 65 *et* 66.

pâture aux animaux construits sur ces types, et l'abeille dont l'organisme a reçu les modifications convenables pour qu'elle pût puiser dans le pollen des fleurs les sucs dont elle fait son miel. Enfin, il ressort de la comparaison de toutes les harmonies fonctionnelles avec les données ou conditions typiques, que celles-ci dominent les autres (227), dans les détails surtout, et qu'il s'en faut bien que l'on puisse rendre raison de la plupart des conditions typiques, au moyen des harmonies fonctionnelles.

318. — Les hommes ont senti de bonne heure le besoin d'un terme pour désigner cette puissance cachée qui fait partout circuler la vie, et pour la désigner avec les attributs que nous manifestent les phénomènes vitaux, sans mélange d'autres idées suggérées par des phénomènes d'un autre ordre, par la conscience que nous avons de notre personnalité morale, de nos déterminations réfléchies, d'une loi morale qui doit les régir, d'un bien et d'un mal moral. Le terme employé à cet effet est celui de NATURE pris activement (*Natura naturans*, comme disait l'Ecole) : terme si indispensable, qui correspond à une idée tellement déterminée, quelque malaisée qu'elle puisse être à définir, que nous voyons tout le monde d'accord pour s'en servir, le croyant comme le sceptique, les philosophes de toutes sectes comme les savants de toutes les écoles, celui qui professe le matérialisme le plus grossier comme celui qui s'abîme dans les régions les plus vaporeuses du mysticisme. Il faut bien qu'il y ait une raison d'un tel accord, et cette raison est le besoin de distinguer, de mettre à part ce qui frappe également tout le monde, ce que chacun se

sent forcé d'admettre, à quelque système philosophique ou religieux que sa raison ou sa foi le rattachent. On dirait un territoire qu'un intérêt commun prescrit de neutraliser, sauf à porter ailleurs les ardeurs de la guerre. Que l'on croie à une Providence surnaturelle, qui rémunère et qui châtie dans sa bonté et sa justice, que les prières et le repentir fléchissent, ou qu'on rejette ce dogme consolateur, toujours faudra-t-il reconnaître que dans le monde visible, en dehors de l'humanité, l'action de la cause suprême ne se manifeste que dépouillée de pareils attributs moraux, comme cela suffit pour le gouvernement d'un monde où la moralité n'a point de place.

319. — L'idée de la Nature, c'est l'idée d'une puissance et d'un art divins, inexprimables, sans comparaison ni mesure avec la puissance et l'industrie de l'homme, imprimant à leurs œuvres un caractère propre de majesté et de grâce, opérant toutefois sous l'empire de conditions nécessaires, tendant fatalement et inexorablement vers une fin qui nous surpasse, de manière pourtant que cette chaîne de finalité mystérieuse, dont nous ne pouvons démontrer scientifiquement ni l'origine, ni le terme, nous apparaisse comme un fil conducteur, à l'aide duquel l'ordre s'introduit dans les faits observés, et qui nous met sur la trace des faits à rechercher. L'idée de la Nature, ainsi éclaircie autant qu'elle peut l'être, n'est que la concentration de toutes les lueurs que l'observation et la raison nous donnent sur l'ensemble des phénomènes de la vie, sur le système des êtres vivants. Ce serait une conception inutile, si nous n'avions à nous rendre compte que des lois immanentes qui régissent la ma-

tière inerte, et nous ne la forgerions pas de toutes pièces, s'il ne s'agissait que d'expliquer les accidents de structure du monde matériel. C'est une conception qui devient insuffisante quand il faut répondre à d'autres exigences de la raison et du cœur de l'homme, quand on s'élève à la contemplation d'un ordre moral où l'homme a sa place. L'idée de Dieu, c'est l'idée de la Nature personnalisée et moralisée, non pas à l'instar de l'homme, mais par une induction motivée sur la conscience de la personnalité et de la moralité humaines; l'idée de la Nature, c'est l'idée de Dieu, mutilée par la suppression de la personnalité, de la liberté et de la moralité : d'où cette profonde contradiction, qu'il y a dans l'idée de la Nature, à la fois beaucoup plus et beaucoup moins que dans l'idée que l'homme se fait de ses propres facultés. Telle est la raison des monstrueux écarts que présentent les systèmes religieux fondés sur la divinisation de la Nature : nous y reviendrons plus loin.

320. — Ou le mot de MÉTAPHYSIQUE ne signifie rien, ou il doit servir à désigner les spéculations qui de tout temps ont tourmenté l'esprit humain, à propos des trois fondamentales idées

de substance, de force, de finalité;

ce qui mène à distinguer dans la métaphysique, non pas précisément trois sections ou trois branches (comme s'il s'agissait d'un corps de doctrines scientifiquement constitué), mais plutôt trois *parties* ou trois *voix*,

l'ontologie, la dynamique transcendante, la téléologie :

chacune répétant l'autre à sa manière, comme par un

changement de *clef* ou une transposition de la *note* fondamentale. La première clef s'adapte mieux à l'ordre des faits matériels ou purement physiques, la troisième à l'ordre des faits biologiques; la seconde (pour laquelle nous avons laissé suffisamment percer notre inclination toute leibnitzienne) a le mérite de s'adapter également bien aux uns et aux autres. Nous avons tâché de mettre ce parallélisme en lumière, dans le cours du présent livre et du précédent, notamment aux chapitres VIII et IX du livre II, aux chapitres IV, IX et X du livre III. Nous ne méprisons point la métaphysique (qui oserait mépriser ce qui a fait la passion de tant de grands esprits?), mais nous ne saurions accorder, ni que la métaphysique soit une science, ni même qu'elle soit la meilleure et la maîtresse partie de la philosophie : car, avant tout il faut placer cette LOGIQUE SUPÉRIEURE qui procède de l'idée de l'ORDRE, de l'ordre qui (suivant la pensée de Bossuet que nous ne saurions nous lasser de citer) *est ami de la raison et son propre objet*[1]. En conséquence, tout en faisant à notre manière, dans les livres II et III du présent ouvrage, une métaphysique adaptée à l'explication et à l'histoire du monde physique et de la Nature vivante, nous y avons eu surtout en vue l'application aux sciences physiques et naturelles de cette logique supérieure, dont les principes avaient été brièvement exposés ou rappelés au livre Ier.

[1] *Essai.....*, chap. XXV, n° 396.

FIN DU TOME PREMIER.

TABLE DES CHAPITRES

DU TOME PREMIER.

LIVRE I.

L'ORDRE ET LA FORME.

LIVRE II.

LA FORCE ET LA MATIÈRE.

LIVRE III.

LA VIE ET L'ORGANISME.

FIN DE LA TABLE.

Dijon, imp. J.-E. Rabutôt, place Saint-Jean, 1 et 3.

